Plantes-racines tropicales

STRATÉGIES DE RECHERCHES POUR LES ANNÉES 1980

Rapport d'un exercice triennal

Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en voie de développement; il concentre son activité dans cinq secteurs : agriculture, alimentation et nutrition; information; santé; sciences sociales; et communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

La Société internationale pour les plantes-racines tropicales — Direction Afrique (International Society for Tropical Root Crops, Africa Branch) a été fondée en 1978 pour encourager la recherche, la production et l'utilisation des plantes-racines en Afrique et dans les îles voisines. Son action s'étend à la formation et à la vulgarisation, à l'organisation de réunions et de colloques, à l'échange de matériel génétique et à l'établissement d'un réseau des personnes intéressées à ce domaine. Le siège de la Société est à Ibadan (Nigéria), à l'Institut international d'agriculture tropicale; son conseil de direction est formé d'éminents spécialistes des plantes-racines attachés aux programmes nationaux en Afrique.

©Centre de recherches pour le développement international, 1982
Adresse postale: B.P. 8500, Ottawa (Canada) K1G 3H9
Siège : 60, rue Queen, Ottawa

Terry E.R.
Oduro, K.A.
Caveness, F.

International Society for Tropical Root Crops. Africa Branch. Ibadan NG

IDRC-163f

Plantes-racines tropicales : compte rendu du Premier symposium triennal sur les plantes-racines de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales, Direction Afrique. Ottawa, Ont., CRDI, 1982. 294 p. : ill.

/Plantes-racines/ , /recherche agricole/ — /amélioration des plantes/ , /maladies des plantes/ , /manioc/ , /patates douces/ , /ennemis des cultures/ , /production végétale/ , /lutte contre les plantes adventices/ , /culture intercalaire/ , /récolte/ , /rendement des cultures/ , /rapport de réunion/ , /liste des participants/ , /statistiques agricoles/ .

CDU : 663.4 (213)

ISBN: 0-88936-346-3

Édition microfiche sur demande

This publication is also available in English.

IDRC-163f

PLANTES-RACINES TROPICALES : STRATÉGIES DE RECHERCHES POUR LES ANNÉES 1980

COMPTE RENDU DU PREMIER SYMPOSIUM TRIENNAL SUR LES PLANTES-RACINES DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE POUR LES PLANTES-RACINES TROPICALES — DIRECTION AFRIQUE, 8 AU 12 SEPTEMBRE 1980, IBADAN (NIGÉRIA)

RÉDACTEURS : E.R. TERRY, K.A. ODURO, ET F. CAVENESS

Bien que la préparation du procès-verbal de la réunion incombât uniquement aux rédacteurs, la Société internationale pour les plantes-racines tropicales — Direction Afrique possède son propre comité de rédaction permanent formé de MM. E.R. Terry, O.B. Arene, E.V. Doku, K.A. Oduro, W.N. Ezeilo, J. Mabanza, et F. Nweke.

Ce colloque a été organisé conjointement par :

CANADA

Table des matières

Avant-propos **E.R. Terry** 7

Liste des participants 9

Discours d'ouverture

Bede N. Okigbo, président, Société internationale pour les plantes-racines tropicales — Direction Afrique 15
Alharji Ibrahim Gusau, ministre de l'Agriculture (Nigéria) 17
S. Olajuwon Olayide, vice-chancelier, Université d'Ibadan (Nigéria) 19
E. Hartmans, directeur général, Institut international d'agriculture tropicale (Nigéria) 22

Le manioc

Stratégie d'amélioration de la résistance du manioc aux maladies et aux insectes les plus importants sur le plan économique, en Afrique **S.K. Hahn, E.R. Terry, K. Leuschner** et **T.P. Singh** 27
L'amélioration du manioc dans le Programme national manioc du Zaïre : objectifs et réalisations jusqu'à 1978 **H.C. Ezumah** 31
Évaluation des cultivars de manioc pour les travaux de vulgarisation **C. Oyolu** 37
La sélection du manioc résistant aux maladies et aux insectes, au Zaïre **T.P. Singh** 40
La sélection du manioc pour la résistance à la bactériose au Congo **Joseph Mabanza** 43
Caractères divers du manioc à chair jaune **K.A. Oduro** 45
Le manioc : écologie, maladies et productivité : stratégies de recherches **E.R. Terry** 48
Sélection au champ des clones de manioc résistants à *Cercospora henningsii* **J.B.K. Kasirivu, O.F. Esuruoso** et **E.R. Terry** 53
Propriétés d'une variété nocive de virus latent du manioc, isolée sur du tabac cultivé au Nigéria **E.C.K. Igwegbe** 62
La brûlure bactérienne du manioc en Ouganda **G.W. Otim-Nape** et **T. Sengooba** 66
Propagation de *Xanthomonas manihotis* transmis au manioc par des insectes, dans la république populaire du Congo **J.F. Daniel, B. Boher** et **N. Nkouka** 71
Le pourridié du manioc dû à *Armillariella tabescens* en république populaire du Congo **Casimir Makambila** 75
La sélection en vue de la résistance à la teigne du manioc **K. Leuschner** 81
Lutte biologique contre la cochenille du manioc **Hans R. Herren** 85
Les entomophages associés à la cochenille du manioc en république populaire du Congo **G. Fabres** 87

Dynamique des populations de la cochenille du manioc en république populaire du Congo **G. Fabres** 90
Habitudes de consommation et leurs implications pour la recherche et la production en Afrique tropicale **Felix I. Nweke** 94
Les problèmes de production du manioc au Malawi **R.R. Nembozanga Sauti** 101
Une appréciation de certains des principaux sols cultivés en manioc dans le sud du Nigéria. **J.E. Okeke** et **B.T. Kang** 105
Effets de l'humidité et de la compacité des sols sur le développement et la production de deux cultivars de manioc **R. Lal** 110
Comportement du manioc en fonction des dates de plantation et de récolte **F.O.C. Ezedinma, D.G. Ibe** et **A.I. Onwuchuruba** 117
Effets des cultures précédentes sur les rendements du manioc, de l'igname et du maïs **S.O. Odurukwe** et **U.I. Oji** 122
Culture en association du plantanier, des taros et du manioc **S.K. Karikari** 126
Les mauvaises herbes dans les cultures mixtes de maïs et de manioc **I. Okezie Akobundu** 131
Effets de la densité de plantation du maïs et de l'apport d'azote sur les cultures mixtes de maïs-manioc **B.T. Kang** et **G.F. Wilson** 137
La récolte des feuilles de manioc au Zaïre **N.B. Lutaladio** et **H.C. Ezumah** 142
Effets de l'effeuillage et de l'écimage sur les rendements en feuilles et en racines du manioc et de la patate douce **M.T. Dahniya** 145
Métabolisme, points de synthèse et translocation des glucosides cyanogénétiques du manioc **M.K.B. Bediako, B.A. Tapper** et **G.G. Pritchard** 151
Évaporation de l'acide cyanhydrique et de ses dérivés pendant le séchage du manioc au soleil **Emmanuel N. Maduagwu** et **Aderemi F. Adewale** 158
Rôle de l'huile de palme dans les aliments à base de manioc **Ruby T. Fomunyam, A.A. Adegbola** et **O.L. Oke** 161
Comparaison de la pulpe de manioc comprimée et non comprimée pour la préparation du gari **M.A.N. Ejiofor** et **N. Okafor** 163
La production de gari dépend-elle du rendement en racines du manioc? **D.G. Ibe** et **F.O.C. Ezedinma** 169

L'igname

Paramètres pour la sélection de parents destinés à l'hybridation de l'igname **Obinani O. Okoli** 173
L'anthracnose de l'igname d'eau au Nigéria **Okechukwu Alphonso Nwankiti** et **E.U. Okpala** 177
Stratégies de recherches pour l'amélioration de l'igname en Afrique **I.C. Onwueme** 184
Étude de la variabilité créée par les caractéristiques de l'organe de multiplication végétative chez *Dioscorea alata* **N. Ahoussou** et **B. Toure** 188
Mode de développement et analyse de la croissance de l'igname blanche cultivée à partir de semences **C.E. Okezie, S.N.C. Okonkwo** et **F.I. Nweke** 191
Fécondation artificielle, viabilité et conservation du pollen de l'igname blanche **M.O. Akoroda, J.E. Wilson** et **H.R. Chheda** 200
Amélioration du tuteurage des tiges d'igname dans le champ **G.F. Wilson** et **K. Akapa** 206
Influence des engrais chimiques sur le rendement et la durée de conservation de l'igname blanche **K.D. Kpeglo, G.O. Obigbesan** et **J.E. Wilson** ... 209
Influence des plantes adventices sur l'igname blanche **R.P.A. Unamma, I.O. Akobundu** et **A.A.A. Fayemi** 214

Aspects économiques de la culture de l'igname au Cameroun **S.N. Lyonga** 219
Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive de l'igname au Cameroun **Alice Bell** et **Jean-Claude Favier** 225

Le taro

Comment faire progresser la recherche sur les taros **E.V. Doku** 237
Pourridié des racines et pourriture pendant la conservation du taro, au Nigéria **G.C. Okeke** 242
La pourriture fongique des taros en entreposage, au Nigéria **J.N.C. Maduewesi** et **Rose C.I. Onyike** 246
Une maladie du taro, au Nigéria, causée par le *Corticium rolfsii* **O.B. Arene** et **E.U. Okpala** 250
Les systèmes de culture du taro au Nigéria **H.C. Knipscheer** et **J.E. Wilson** 258
Rendement et absorption de l'azote par le taro d'après la fertilisation en azote et l'espacement des plants **M.C. Igbokwe** et **J.C. Ogbonnaya** 267

Abrégés

Programme de recherches sur le manioc au Libéria **Mallik A-As-Saqui** 271
Effets de la mosaïque sur les rendements de manioc **Godfrey Chapola** 271
Effets des engrais verts sur les rendements de manioc **James S. Squire** 272
La suppression du tuteurage et des sarclages comme moyens de réduire les problèmes de main-d'oeuvre **I.C. Onwueme** 272

Résumé des discussions

Stratégies de recherches pour les années 1980 275

Bibliographie 279

AVANT-PROPOS

La Société internationale pour les plantes-racines tropicales — Direction Afrique (SIPRT — DA) a tenu son premier symposium à l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) à Ibadan (Nigéria) du 8 au 12 septembre 1980.

Le thème du symposium était la recherche des moyens susceptibles d'améliorer la production des plantes-racines en Afrique. Près de 100 participants représentant 14 pays africains y ont assisté. Ces journées ont été pour les agronomes, généticiens, phytopathologistes, économistes et entomologistes une occasion unique de féconds échanges. Elles ont fait ressortir le rôle que peut remplir la Société en resserrant les relations entre les spécialistes de la recherche sur les plantes-racines. Les débats auxquels on a assisté ont témoigné de la qualité des études qui ont fourni la matière des conférences. Le ministre de l'Agriculture du Nigéria, M. Alhaji Ibrahim Gusau, s'adressant aux participants, les a assurés du concours que le gouvernement fédéral du Nigéria entendait apporter à la Société dans la réalisation de ses objectifs et de ses aspirations.

Les 48 exposés scientifiques présentés durant les 5 journées du symposium ont porté essentiellement sur les quatre plantes-racines principales des zones tropicales humides : le manioc, l'igname, la patate douce et le taro. On y a abordé la question des stratégies de recherches envisagées pour les années 1980 ; avec d'autres sujets, elles ont constitué l'essentiel des discussions qui ont servi de base à des recommandations spécifiques. Il est à espérer que des organismes internationaux de financement et de développement, les pouvoirs publics nationaux et des institutions de recherche pourront assurer l'aide financière et le personnel nécessaires pour traduire en actes ces recommandations.

En réponse à une préoccupation particulière des spécialistes en plantes-racines, un comité formé de cinq participants a traité de la menace qui pèse sur la culture de l'igname. Celle-ci fait face actuellement à des difficultés matérielles et à des coûts élevés, mais ses avantages culturaux et sa valeur nutritive en justifient la culture. De l'avis général du comité, les recherches devraient porter sur la production de cultivars dont les caractères pourraient minimiser les risques.

Le Conseil exécutif et tous les membres de la SIPRT — DA désirent exprimer leur vive gratitude aux donateurs dont le concours financier a facilité l'organisation de ce symposium et permis la publication de ses travaux. Nous citerons le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), la Fondation Ford, la Fondation internationale pour les

sciences (FIS), le promoteur de la SIPRT, le gouvernement fédéral du Nigéria, le Fonds international de développement agricole (FIDA), le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et l'Institut national de recherche sur les plantes-racines (INRPR) du Nigéria.

E.R. Terry
Éditeur en chef, SIPRT — DA,
Chef des programmes internationaux (IITA),
et directeur adjoint (IITA).

LISTE DES PARTICIPANTS

A-As-Saqui, M. Programme des plantes-racines et tubercules, ministère de l'Agriculture, Monrovia (Libéria)

Adeyemo, Abedayo Ministère des ressources naturelles, Ibadan (Nigéria)

Akapa, Kola Institut International d'agriculture tropical, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Akintosotu, T.A. Institut de recherche et de formation agricole, Université d'Ife, Moor Plantation, Ibadan (Nigéria)

Akinola, Olawale Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Akobundu, I.O. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Akoroda, Oghenovo M. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Ambayeba, Muimba-Kan Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Anota, Tomu Programme national Manioc (PRONAM), B.P. 11635, Kinshasa/Gombe (Zaïre)

Arene, O.B. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Aribilola, S. Représentant AGVET, 23 Warehouse Road, Apapa, Lagos (Nigéria)

Atu, U.G. Protection des plantes, Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Azih, V.A. Centre national du manioc, Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Bediako, M.K.B. Département de biochimie, Université des sciences et de la technologie, Kumasi (Ghana)

Bell, Alice Délégation générale de la recherche scientifique et technique, B.P. 193, Yaoundé (Cameroun)

Biegot, L. Faculté des sciences, B.P. 332, Abidjan 04 (Côte-d'Ivoire)

Bronson, Roy D. Bureau des services du développement économique régional. Agence internationale de développement — États-Unis, B.P. 1712, Abidjan (Côte-d'Ivoire)

Cambier, G.A. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Carter, P.L. Holgate, Balcombe, Sussex, RH17 6L1 (Angleterre)

Caveness, F.E. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Chapola, G.N. Station de recherche de Bvumbwe, B.P. 574, Limbe (Malawi)

Chouinard, Amy Division des communications, Centre de recherches pour le développement international, B.P. 8500, Ottawa K1G 3H9 (Canada)

Chung, Jay H. Programme national d'amélioration des plantes-racines et tubercules, Yaoundé (Cameroun)

Dahniya, M.T. Collège universitaire de Njala, B.P. Freetown (Sierra Leone)

Daniel, J.F. Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer, Brazzaville, B.P. 181 (République du Congo)

Doku, E.V. Département des cultures vivrières, Université du Ghana, Legon, Accra (Ghana)

Ejiofor, M.A.N. Département de biochimie, Institut national de recherche sur les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Ene, L.S.O. Institut national de recherche sur les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Ezulike, T.O. Institut national de recherche sur les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Ezumah, H.C. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Fomunyam, Ruby Département de zootechnie, Faculté d'agriculture, Université d'Ife, Ile-Ife (Nigéria)

Gbedolo, Yves M. B.P. 03-2487, Cotonou (République populaire du Bénin)

Gusau, Alhaji Ibrahim Ministère de l'agriculture, Lagos (Nigéria)

Hahn, S.K. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Hartmans, E.H. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Hassan, O.K. Service des études préliminaires, Polytechnique Ogun, Abeokuta (Nigéria)

Herren, Hans R. Département de lutte biologique, Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Ibe, D.G. Projets agricoles, Faculté d'agriculture, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Igbokwe, M.C. Département de pédologie, Institut national de recherche sur les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Igwegbe Chuma Département des sciences agricoles, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Igwilo, N.H. Institut national de recherche sur les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Ikeorgu, J. Postgraduate Hall, Université d'Ibadan, Ibadan (Nigéria)

Kang, B.T. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Karikari, S.K. Université du Ghana, Legon, Accra (Ghana)

Kasele, I.N. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Knipscheer, H.C. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Kouacou Isidore N'da Ingénieur agronome, B.P. 2049, Abidjan (Côte-d'Ivoire)

Kpeglo, K.D. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Lafforest, J. de c/o Transla Ltd., 29 Villiers Street, London WC2 (Angleterre)

Lema, Ki-Munseki Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Leuschner, K. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Lutaladio, N.B. Programme national Manioc (PRONAM), B.P. 11635, Kinshasa/Gombe (Zaïre)

Lyonga, S.N. Institut de recherche agricole/Ekona, B.P. 25, Buea, S.O. (Cameroun)

Maduagwu, E.N. Département de biochimie, Université d'Ibadan, Ibadan, (Nigéria)

Maduakor, H.O. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Maduewesi, J.N.C. Faculté des sciences biologiques, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Mahungu, N.M. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Makambila, C. Département de biologie et physiologie végétale, Université Marien Ngouabi, B.P. 69, Brazzaville (République populaire du Congo)

Msabaha, M. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Muaka, Toko Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Njoku, B.O. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Nwana, I.E. Département de biologie agricole, Université d'Ibadan, Ibadan (Nigéria)

Nwankiti, A.O. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Nwauzoa, E.C. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Nweke, Felix I. Département d'économie/vulgarisation agricole, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Nwigwe, C. Alvan Ikoku College of Education, B.P. 1010, Umuahia (Nigéria)

Nzietchueng, S. Programme national d'amélioration des plantes-racines du Cameroun, Institut de recherche agricole, B.P. 13, Nyombe (Cameroun)

Obigbesan, G.O. Université d'Ibadan, Ibadan (Nigéria)

Oduro, K.A. Département des cultures vivrières, Université du Ghana, Legon, Accra (Ghana)

Odurukwe, S.O. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Offor, R.O.M. Shell Community Projects, 46 Works Road, Owerri (Nigéria)

Ogbonnaya, J.C. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Ohunyon, P.U. Shell BP, Box 230, Warri (Nigéria)

Okeke, J.E. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Okere, A.N. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Okezie, C.E. Département de botanique, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Okigbo, B.N. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Okoli, O.O. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Okoki, P.S.O. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Okonkwo, A.L. Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Okonmah, L.U. Ministère de l'Agriculture, B.P. 117, Ibusa (Nigéria)

Olayide, Olajuwon, S. Université d'Ibadan, Ibadan (Nigéria)

Onakade, A.D. Institut de recherche et de formation, Université d'Ife, B.P. 5029, Ibadan (Nigéria)

Onwueme, I.C. Département des sciences végétales, Université d'Ife, Ile-Ife (Nigéria)

Onyike, C.R. Département de botanique, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Oriuwa, L.O. Centre national du manioc, Institut national de recherche sur les plantes-racines, B.P. 1006, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Otim-Nape, G.W. Station de recherche de Serere, P.O. Soyoti (Ouganda)

Oyolu, C. Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Pfeiffer, H. Programme tubercules, Institut de recherche agricole/Nkol Bissou, B.P. 2067, Yaoundé (Cameroun)

Pouzet, M.D. Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières/ IDESSA, B.P. 635, Bouake (Côte-d'Ivoire)

Roberts, A.T. Département d'économie agricole/vulgarisation, Collège universitaire de Njala, B.P. Freetown (Sierra Leone)

Sauti, R.F.N. Station de recherche agricole de Lunyangwa, B.P. 59, Mzuzu (Malawi)

Singh, T.P. Programme national Manioc (PRONAM), B.P. 11635, Kinshasa-1 (Zaïre)

Squire, J.S. Country Agricultural Officer, Freetown (Sierra Leone)

Suleman, P. Université du Libéria, Monrovia (Libéria)

Terry, Eugene R. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Tewe, O. Département de zootechnie, Université d'Ibadan, Ibadan (Nigéria)

Unamma, Ray P.A. Institut international d'agriculture tropicale, B.P. 5320, Ibadan (Nigéria)

Visigah, C.D. Shell Petroleum Development Company, Box 263, Port Harcourt (Nigéria)

Wilmot, E.T. c/o ULG (Consultants) Ltd, Saltisford, Warwick (Angleterre)

DISCOURS D'OUVERTURE

BEDE N. OKIGBO

PRÉSIDENT, SIPRT — DA, INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA)

En ma qualité de président de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales, Direction Afrique, je me permets de rappeler que la fondation de l'institution mère (SIPRT) remonte aujourd'hui à 10 années. La Société a été créée comme suite aux intentions et aux aspirations exprimées durant le premier symposium international sur les plantes-racines tenu à St. Augustine (Trinidad) du 2 au 8 avril 1967.

C'est au cours du quatrième symposium de la SIPRT de 1976, au CIAT, en Colombie, que naquit l'idée d'une Direction africaine de la SIPRT. Après une période de deux années de gestation et plusieurs mois d'efforts, la filiale fut officiellement inaugurée le 30 juin 1978, en présence de M. Sang Ki Hahn. Pour moi, ce premier symposium triennal constitue donc un événement mémorable, un peu comme le baptême officiel de la SIPRT — DA. L'occasion ne saurait être plus favorable pour rappeler aujourd'hui à ce distingué auditoire que l'objectif primordial de la Direction Afrique de la SIPRT est de favoriser toutes les initiatives visant à stimuler les études, l'information, les connaissances relatives aux cultures tropicales de plantes-racines et de tubercules pour que celles-ci puissent réaliser tout leur potentiel en améliorant leur productivité ainsi que la transformation, la distribution et la consommation de leurs produits. De plus, nous formons le voeu que des symposiums comme celui-ci, des conférences et diverses rencontres puissent multiplier les contacts, les échanges de vues et d'informations entre tous les intéressés à la culture des plantes-racines et des tubercules dans les territoires africains.

Généralement parlant, les plantes-racines font partie des récoltes cultivées ou exploitées avant tout pour leurs organes souterrains — rarement pour leurs parties aériennes — riches en hydrates de carbone présents dans les racines tubérisées (le manioc), les tubercules (l'igname et le taro) ou les rhizomes, (dans le cas du gingembre). Le but principal des membres de cette Société est de promouvoir la production et l'utilisation des récoltes d'importance diverse, de plantes-racines et de tubercules indigènes à l'Afrique et aux îles voisines. Parmi les plus importantes, pour notre Société, citons les ignames blanches, jaunes et les ignames d'eau ; le manioc ; la patate douce et la pomme de terre d'Irlande, laquelle a de l'importance dans les régions tropicales élevées. De moindre importance, mentionnons certaines ignames (*Dioscorea bulbifera, D. dumetorum*, etc.), le gingembre (*Zingiber officinale*), le souchet comestible (*Cyperus esculentus*), la patate kaufir (*Plectranthus esculentus*), la patate Hausa (*Solenostemon rotundifolius*), la carotte (*Daucus carota*), le curcuma (*Curcuma longa*), les betteraves potagères (*Beta vulgaris*), le radis (spp *Raphanus*), le topinambour (*Helianthus tuberosus*), et la fève igname africaine (*Sphenostylis stenocarpa*). Quelques espèces de racines et de tubercules (notamment *Amorphophallus, Tacca*, et *Achomanes*) sont parfois récoltées à l'état sauvage.

Les centres internationaux de recherche agricole, comme l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) n'attachent de priorité qu'aux plus importantes de ces récoltes. Plusieurs autres comme les risga, patate Hausa et fève igname africaine, qui sont autant de plantes indigènes, ne suscitent que peu d'intérêt bien que, dans certains endroits, elles soient relativement importantes et puissent posséder une valeur nutritive plus élevée que ne le révèlent les quantités récoltées.

Nous devons, à présent, examiner les raisons qui justifient l'existence d'une direction africaine active et dynamique de la SIPRT. En 1967, l'Afrique comptait environ 22 % des superficies mondiales cultivées en plantes-racines, bien que la production et les rendements moyens n'atteignissent que 14 et 62 % respectivement, des chiffres mondiaux correspondants. Plus de 90 % des terres cultivées en igname et plus de 90 % des plantes-racines tropicales produites dans le monde entier se retrouvent chaque année en Afrique. Il en est de même, dans la proportion de 53 % pour les superficies et de 42 % pour la production mondiale, en ce qui concerne le manioc.

Les faibles rendements des plantes-racines en

Afrique ne font que mieux ressortir la nécessité de plus grands efforts de recherche, de vulgarisation et d'enseignement. Dans les régions humides et semi-humides de l'Afrique, les plantes-racines constituent la base principale du régime alimentaire. Leur importance à ce point de vue provient de leur facilité d'adaptation à différents sols, partout où les précipitations sont suffisantes, du peu d'entretien général qu'elles exigent, donc économie de main-d'oeuvre et d'amendements, et de leur facilité relative d'entreposage sans traitement ni séchage préalable dans des conditions d'humidité impropres à la conservation des céréales. De plus, elles comptent relativement moins d'ennemis et de maladies que les céréales et les légumineuses ; certaines d'entre elles, comme le manioc, ont l'avantage de se conserver en terre jusqu'à leur utilisation, et elles s'adaptent généralement bien à des milieux humides et à des procédés de culture paysanne.

Bien que ce soient là autant de motifs évidents qui justifient la faveur que les petits cultivateurs des régions tropicales humides accordent aux plantes-racines, leur production continue et leur utilisation accrue dépendront de la mesure dans laquelle on pourra résoudre certains problèmes notamment la forte teneur en humidité des tubercules et racines (60 à 84 %) qui les rend volumineux et difficiles à manipuler sur le marché aussi bien qu'en entrepôt. Leurs formes irrégulières et leurs dimensions les prédisposent aussi aux meurtrissures en cours de transport et aux infections secondaires par des micro-organismes ; à superficies égales, elles sont plus exigeantes en main-d'oeuvre que les céréales, malgré leur rendement élevé et le peu de travail, relativement parlant, qu'exigent les plantes-racines pour un poids donné ou par calorie produite. En plus de l'impossibilité d'en mécaniser la culture, les plantes-racines se propagent difficilement par semis (généralement on les reproduit par voie végétative, procédé qui, sauf le cas du manioc, oblige à utiliser pour la plantation une proportion élevée de tubercules comestibles). Ajoutez à cela les difficultés évidentes de mise en marché et d'entreposage des récoltes, qui ne subissent le plus souvent aucune autre préparation. Toutes ces raisons expliquent que les récoltes de ce genre ont toujours été en retard sur celles des céréales et des légumineuses, cultures industrielles par excellence.

La prétendue « révolution verte » s'est limitée à quelques céréales (maïs, riz et blé). De plus, la valeur nutritive relativement faible des plantes-racines et des tubercules et les possibilités supérieures offertes par la technique à la production, à l'entreposage et à la transformation des céréales en produits plus commodes et moins encombrants, ont également contribué à ne conférer aux plantes-racines et aux tubercules qu'une priorité inférieure dans le financement, par les pays industrialisés, de la recherche, de l'aide technique, et des projets de développement s'y rapportant.

J'espère que ce symposium donnera lieu à de francs et féconds échanges d'idées sur les avantages, les inconvénients, les possibilités et le discrédit des plantes-racines et contribuera à surmonter les déficiences alimentaires des pays de l'Afrique tropicale. Je souhaite également qu'à l'issue de ces débats sur la recherche et le développement des plantes-racines et des tubercules cultivés, nous ayons acquis une vision mieux équilibrée et plus concrète de ce qu'il reste à accomplir dans les domaines de l'amélioration, des rendements, de l'entreposage, de la préparation et de la vente des récoltes des plantes-racines tropicales et de leurs dérivés. Je n'ai aucun doute que, si l'on accordait à ce secteur de l'agriculture la moitié des ressources dont bénéficient la recherche, la production et l'utilisation des céréales et des légumineuses à graines, on pourrait réaliser une deuxième révolution verte dans ce domaine. Ces produits pourraient alors être présentés sous des formes aussi variées et pratiques que possible et permettraient de réduire d'autant la dépendance des pays africains à l'égard des importations de grains.

En clôturant ces observations, je crois nécessaire de souligner que les participants devront, parallèlement à l'examen de certains préjugés qui existent à l'égard des plantes-racines, malgré leur importance et leur potentiel, se préoccuper des moyens d'assurer les assises financières de la SIPRT — DA. Le long intervalle entre la fondation de notre Direction africaine et ce premier symposium est attribuable au manque de ressources financières de la Société. Or, l'on ne saurait surestimer l'urgence d'augmenter la production des plantes-racines et des tubercules pour satisfaire la demande toujours croissante à laquelle ces récoltes devront sans doute répondre pour nourrir les humains ainsi que les bestiaux et servir aux usages industriels auxquels se prête, par exemple, le manioc pour la fabrication de l'alcool. Une production beaucoup plus abondante s'impose donc si l'on veut assurer aux peuples africains une sécurité alimentaire raisonnable.

Au nom de la SIPRT — DA, je remercie tous ceux dont la générosité et la participation ont rendu possible ce symposium. Je salue particulièrement tous nos hôtes distingués qui ont répondu à notre invitation ainsi que les conférenciers et ceux qui ont accepté diverses activités dans le cadre de ce symposium. Nous attendons avec intérêt les échanges de vues, d'informations et de suggestions qui vont marquer ces délibérations.

ALHARJI IBRAHIM GUSAU

MINISTRE DE L'AGRICULTURE, MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, LAGOS (NIGÉRIA)

En mon nom personnel et au nom du Gouvernement et du peuple du Nigéria, je vous souhaite à tous la plus cordiale bienvenue. Je salue en particulier ceux qui nous viennent de l'étranger et leur souhaite un séjour agréable et fructueux.

Votre symposium est, me dit-on, le premier du genre qui se tienne en Afrique et, cela, à une époque historique pour notre pays, une époque où celui-ci se prépare à faire résolument la guerre à la faim et à la sous-alimentation, notre ennemi numéro un. Notre gouvernement a proclamé la révolution verte priorité nationale. Nous voulons être autosuffisants pour tous les produits alimentaires essentiels, et cela dans les plus brefs délais possibles. À cette fin, nous avons dressé un plan d'action qui, pour la plus grande partie, doit être mené à bien au cours de notre quatrième Plan national de développement qui débute en janvier 1981.

Dans notre contexte nigérian l'autosuffisance représente beaucoup plus que la possibilité de mettre fin aux importations de denrées essentielles comme le riz, le maïs et le blé. Elle signifie aussi la production de surplus qui seront destinés aux pays plus défavorisés, constamment exposés à des conditions climatiques défavorables et à des déficiences alimentaires aiguës. Nous, Nigérians, ne saurions rester indifférents à ce qui se passe de l'autre côté de nos frontières, les économies des pays africains étant inextricablement interdépendantes.

Économiquement, on le sait, les plantes-racines revêtent une importance considérable pour le continent africain. L'on me dit que l'igname, le manioc, la patate douce et le taro constituent ensemble de 25 à 30 % de la masse énergétique alimentaire et environ 13 % des protéines consommées dans la sous-région de l'Afrique occidentale. Le manioc et les ignames, les plantes-racines les plus cultivées au Nigéria, peuvent prospérer à peu près dans toutes nos régions et on les consomme dans presque tous nos foyers. Il est donc impératif que scientifiques, spécialistes de la vulgarisation et producteurs d'Afrique s'unissent pour réunir leur expérience et leurs connaissances en vue d'accélérer le progrès de ces cultures si importantes.

Une autre raison qui rend si opportun votre symposium est que la culture du manioc est aujourd'hui sérieusement menacée de disparition par suite de l'invasion de la teigne et de la cochenille dont les ravages s'étendent aux sous-régions occidentale et centrale de ce continent. Mon ministère prend actuellement des mesures rigoureuses contre ces deux ennemis des récoltes, de concert avec l'IITA et Texagric, une filiale de la société pétrolière bien connue, Texaco. Comme ces deux parasites peuvent facilement se propager par-delà les frontières, la coopération des agents de quarantaine régionaux est capitale. En d'autres termes, si les échanges de matériel végétal revêtent une grande importance pour l'amélioration de n'importe quelle plante cultivée, la situation actuelle impose une extrême prudence dans le cas du manioc. Il y a quelques années la brûlure bactérienne du manioc a été introduite dans ce pays par des plants étrangers et il a fallu de grands efforts pour redresser la situation. Une fois de plus, à un moment où la production redevenait abondante, deux ennemis viennent se substituer à l'infection précédente. Leur élimination exige l'établissement d'un programme de lutte conjoint sous les auspices d'institutions internationales comme l'IITA et la FAO et de nos organismes nationaux de recherche et de vulgarisation. Je souhaite que ce symposium soit pour les scientifiques, le personnel de vulgarisation, les producteurs et les consommateurs l'occasion de mettre au point de nouvelles stratégies pour combattre, particulièrement, ces parasites et, de façon plus générale, pour améliorer la production et la transformation des plantes-racines elles-mêmes.

Une autre récolte sur laquelle je désire instamment attirer l'attention de votre Société est celle de l'igname. Malgré son importance dans le régime alimentaire de millions d'habitants du Nigéria et d'autres régions du continent africain, les nouvelles techniques de production ont été lentes à se manifester. De nombreux cultivateurs délaissent sa culture à

cause de ses exigences en main-d'oeuvre. Il faut donc trouver des méthodes de mécanisation qui lui soient applicables. La pomme de terre prend également de l'importance en certains endroits et la recherche doit s'efforcer de développer des variétés à rendement élevé.

Je signalerai ici que les techniques d'entreposage et de transformation des plantes-racines et des tubercules n'ont encore fait que peu de progrès. Sans doute voudrez-vous accorder votre attention à cet aspect de l'industrie des plantes-racines. Des améliorations apportées à ces deux domaines permettraient non seulement de réduire les pertes mais d'encourager la production. Nous soulignerons que, depuis peu, le gouvernement fédéral du Nigéria a affecté des montants considérables en vue d'intégrer la production et la transformation des récoltes de plantes-racines et de tubercules, par l'entremise de la Société nationale pour la production des plantes-racines. Cette entreprise dispose actuellement de quatre exploitations d'où sortent en grandes quantités des produits finis à base de manioc tels que gari, *fufu* et cassavita, mis en vente dans tout le pays. La Société, de concert avec le ministère fédéral de l'Agriculture, a mis sur pied un projet d'assistance à plusieurs coopératives et groupements agricoles pour fonder de nouvelles installations de transformation.

Pour toutes ces raisons, j'espère que vous assurerez aux délibérations de ce symposium la plus vaste diffusion possible pour que les pouvoirs publics intéressés puissent profiter de votre expérience et de vos connaissances. Je vous souhaite donc le plus grand succès.

S. Olajuwon Olayide

Vice-chancelier, Université d'Ibadan, Ibadan (Nigéria)

L'économie alimentaire du Nigéria comprend des céréales (maïs, riz, sorgho, millet, blé et acha), des légumineuses à gousses (niébé, arachides, pois, soja, lentilles, etc.), des plantes-racines et tubercules (manioc, igname, patate douce et taro), et des arbres fruitiers à chair féculente (baobab, plantanier, bananier, artocarpe africain, etc.), des graines oléagineuses, des noix, fruits, légumes, sucres et des produits animaux (viandes, poissons, oeufs, lait, fromages, etc.). Environ 50 % de la production mondiale d'igname provient du Nigéria (Coursey 1967), et l'Afrique en produit environ 70 % (Coursey et Haynes). Le taro, la patate douce, la pomme de terre irlandaise et le manioc se sont répandus sur tout le continent, en provenance de l'Asie et des Amériques (Idusogie 1973). Le macabo est un autre tubercule très répandu au Cameroun et dans quelques autres contrées africaines. C'est une racine féculente probablement indigène à l'Afrique.

Les bilans nutritifs nous fournissent le poids en grammes des divers aliments, leur valeur énergétique en kilocalories et leur teneur protéique en grammes (Tableau 1). Les plantes-racines et tubercules amylacés représentent environ 15,79 % des calories totales et 10,02 % des protéines totales. Ils fournissent également à peu près 15,05 % des calories totales et 8,76 % des protéines totales consommées par les Nigérians dans leur alimentation quotidienne (Olayide et alii, 1979). En d'autres termes, plantes-racines et tubercules interviennent pour une large part dans l'alimentation nationale.

Lorsqu'on étudie ces chiffres du point de vue géographique, on constate que les consommateurs de plantes-racines et de tubercules se rencontrent surtout dans les États du sud du Nigéria tandis que la consommation de céréales prédomine dans ceux du nord (Idusogie et Olayide 1973).

L'analyse des exigences alimentaires et des ressources du Nigéria, avec projections jusqu'en 1995, fait ressortir que les récoltes de plantes-racines et de tubercules continueront d'occuper un rang prédominant dans le régime alimentaire national (Tableau 2). La demande continue de dépasser l'offre. En d'autres terme le solde du bilan alimentaire restera négatif chaque année par des milliers de tonnes de manioc, patates douces, ignames, taros et bananes plantains jusqu'au tournant du siècle. Par exemple, en 1985, le Nigéria devra produire ou importer 777 000 tonnes supplémentaires de manioc, 35 000 t de patate douce, 1, 623 000 t d'ignames, 78 000 t de taros et 109 000 t de bananes plantains afin d'accroître ses approvisionnements nationaux. En réa-

Tableau 1. Bilan alimentaire national du Nigéria — 1975 à 1985.

Catégorie d'aliments	Consommation personne/jour (g)	Calories (kcal)	Protéines (g)
Céréales	331,78	1 132,805	35,085
Racines et tubercules amylacés	310,633	298,404	4,950
Légumineuses, noix et oléagineux	37,496	163,155	9,011
Mat. grasses et huiles	31,517	237,904	–
Fruits et légumes	37,462	2,410	0,469
Sucre	12,679	49,058	–
Viandes	32,465	53,328	4,193
Poissons	20,725	27,336	1,822
Oeufs	6,808	6,386	0,748
Lait	9,747	6,336	0,339

Source : Olayide, S.O. et alii, 1979. La production vivrière du Nigéria (rapport du groupe de travail des statistiques agricoles) Ibadan, Université d'Ibadan.

Tableau 2. Nigéria : projection de l'offre et de la demande des plantes-racines et tubercules.

Racines-tubercules	Projection de la demande (MT)			Projection de l'offre (MT)		
	1984-85	1989-90	1994-95	1984-85	1989-90	1994-95
Manioc	5,429	6,643	8,129	4,652	5,272	5,973
Patates douces	0,241	0,295	0,360	0,206	0,234	0,265
Ignames	11,353	13,893	17,000	9,730	11,025	12,492
Taros	0,545	0,667	0,816	0,467	0,529	0,600
Bananes plantains	0,766	0,938	1,148	0,657	0,744	0,843

Source : Olayide, S.O. et alii, 1979. La production vivrière du Nigéria (rapport du groupe de travail des statistiques agricoles). Ibadan, Université d'Ibadan.

lité, la demande pourrait même être plus élevée encore par suite de l'augmentation de la population.

L'aggravation de la situation alimentaire du Nigéria soulève de sérieuses questions concernant la politique agricole du pays. Ces questions devront faire l'objet d'un examen approfondi tenant compte de la production, de la distribution, de la planification et de la recherche relatives aux récoltes de plantes-racines et de tubercules.

Production

La production des plantes-racines et des tubercules au Nigéria est assurée par des millions de petits cultivateurs et exploitants dont 95 % cultivent moins de 10 hectares (Office fédéral de la statistique, 1976). Ces petits exploitants ont produit en 1974–1975 99,05 % du manioc, 99,99 % de l'igname et 99,99 % du taro récoltés au pays (Office fédéral de la statistique, 1978). Ils font face à de sérieux problèmes d'inefficacité. Spécifiquement, la productivité de ces petits agriculteurs n'a atteint que 21,79 % pour le manioc, 70,82 % pour la patate douce, 19,53 % pour l'igname, 42,42 % pour le taro et 50,05 % pour les bananes plantains, par rapport aux possibilités réelles de rendement de ces récoltes (Ministère fédéral de l'Agriculture, 1974).

Ces mêmes exploitants souffrent également de techniques de culture inadéquates, d'un manque de capital (mécanique, physique, chimique, biologique et monétaire), d'exigences excessives de main-d'oeuvre, d'une stricte dépendance à l'égard des pluies et de régimes complexes de tenure du sol. De plus, les méthodes de culture sont très variables.

Distribution

La distribution des récoltes de plantes-racines et de tubercules au Nigéria comporte trois fonctions. Tout d'abord, il faut assurer le transport de la récolte de millions de cultivateurs. Ensuite on doit veiller à la présentation des produits (nettoyage, triage, classement, préparation partielle, emballage, etc.). Puis vient la commercialisation des produits préparés sur les marchés urbains, fonction qui comprend des transports, des mélanges, un reclassement et la vente des produits à l'état brut ou transformé.

Le processus de distribution fait intervenir des millions d'intermédiaires qui opèrent avec des capitaux insuffisants, doivent recourir à des moyens multiples et inefficaces de séparer leur marchandise, ne disposent que d'infrastructures, de marketing et de services de livraison rudimentaires et ils sont mal renseignés sur les marchés (Olayide 1969). Ce manque de moyens entraîne des pertes considérables de produits qui, dans le cas des plantes-racines et tubercules, oscillent entre 15 et 25 %. On ne saurait trop insister sur la gravité de ces pertes (équivalant à plusieurs millions de nairas) pour l'économie ainsi que pour l'alimentation des populations nigérianes (Idusogie et alii, 1973).

Planification

Depuis l'introduction d'une planification nationale au Nigéria, vers le milieu des années 40, on s'est surtout attaché à établir un programme rationnel devant conduire à l'autosuffisance dans la production et la distribution des plantes-racines et des tubercules cultivés. On a prévu des budgets planifiés pour la production de jeunes plants et de boutures, les livraisons d'engrais chimiques, les services d'entreposage, les plantations à grande échelle et les services de vulgarisation, pour ne citer que quelques objectifs. On s'est préoccupé également de l'organisation de la production, de l'intérêt particulier à accorder aux coopératives, aux associations et aux organismes corporatifs.

Pour les divers programmes prévus, cependant, plus de 95 % des budgets ont été affectés au secteur public (Olayide 1976). Autrement dit, la part des producteurs proprement dits de tubercules et de plantes-racines a été inférieure à 5 % des dépenses prévues par les pouvoirs publics. La planification n'a pas assez tenu compte de la limitation des ressources, et partant, de la nécessité de les répartir judicieusement ; en outre, les plans n'ont été que très insuffisamment financés et leur application a été sujette à une bureaucratisation inefficace.

Recherche

La recherche en agriculture remonte à 1893, lorsque Sir Claude McDonald a créé un jardin botanique à Lagos. Cette recherche a accordé la préséance aux plantes-racines et tubercules. Depuis la fondation, en 1889, de la Plantation Moor, les travaux en ce sens, confiés à un service du ministère fédéral de l'Agriculture avec le concours de plusieurs stations extérieures disséminées dans tout le pays, ont suffisamment progressé pour justifier la création, en 1975, de l'Institut national de recherche sur les plantes-racines (INRPR) dont le siège est à Umudike.

Les plantes-racines ont également fait l'objet de recherches considérables de la part des facultés universitaires d'agronomie, des ministères d'agriculture des États, et de l'IITA. Toutefois les projets de recherche se sont surtout cantonnés dans les domaines de la science expérimentale et appliquée. On a trop peu insisté sur la recherche à objectifs utilitaires, sur les correctifs et les adaptations à introduire, et sur la vulgarisation. La diffusion des résultats obtenus : textes de conférences, rapports de l'Institut, articles de journaux, circulaires de vulgarisation et services directs n'a guère été efficace (Olayide 1978). Les moyens financiers et matériels et les ressources humaines affectées à la recherche se sont révélés généralement insuffisants.

L'évaluation globale des connaissances recueillies grâce aux études sur les plantes-racines nous suggère peut-être de nous concentrer sur la recherche de variétés hâtives à rendement élevé, résistantes aux maladies susceptibles de s'adapter facilement aux diverses zones écologiques du pays. Les études devront aussi s'attacher à réduire la teneur en acide cyanhydrique du manioc, à perfectionner les procédés culturaux et agronomiques de l'igname et du taro, à sélectionner des souches de plantes-racines et de tubercules plus faciles à récolter et à entreposer, à établir les doses d'engrais chimiques optimales et à développer les moyens possibles de mécaniser la production, la récolte et la transformation de ces végétaux chez les petits et moyens exploitants. Les études devront s'inspirer avant tout des besoins et des problèmes de la petite exploitation (Olayide et alii, 1979).

Stratégies

Dans la perspective des questions essentielles que nous venons d'évoquer touchant la production, la distribution et la programmation des cultures de plantes-racines et tubercules, certaines stratégies générales s'imposent pour porter le développement de ces cultures à la hauteur des besoins nationaux. Nous mentionnerons notamment :

- L'intensification et le financement de la recherche visant à améliorer la culture et la distribution des plantes qui nous intéressent, notamment quant au rendement, à la résistance aux maladies, à la réaction aux engrais chimiques, à l'adaptation écologique, aux possibilités de mécanisation, à la maturation précoce, à la valeur nutritive et à la facilité d'entreposage ;
- Des dispositions visant à encourager les petits cultivateurs de plantes-racines et tubercules, telles que : aide aux coopératives, contribution aux moyens de production, prêts financiers, et conseils techniques ;
- Élévation des cultures de plantes-racines et tubercules au rang de cultures de rapport ou de grande vente grâce à l'amélioration des moyens d'entreposage et de mise en marché et à des programmes de production sous contrat, appuyés par un effort de recherche constant ;
- La mise au point de techniques de traitement des produits afin de réduire, puis de supprimer les pertes considérables subies annuellement après les récoltes de plantes-racines et tubercules ; et
- Création, et propagande active en faveur d'instruments administratifs touchant le développement, l'indemnisation, l'organisation, le soutien et les correctifs nécessaires à l'application des programmes visant à répondre à la demande nationale de produits à base de plantes-racines et de tubercules.

La poursuite de ces objectifs doit pouvoir compter sur des programmes de recherche soigneusement prévus, exécutés avec rigueur et persévérance, et se complétant rationnellement. C'est dans ce contexte que je considère ce premier symposium de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales – Division Afrique comme extrêmement opportun. À une époque où les problèmes de l'agriculture vivrière et industrielle vont en s'aggravant, cette Société peut remplir un rôle considérable, notamment vis-à-vis des cultures d'importance majeure sur le plan international. À moins que les membres de la Société ne soient à la hauteur des circonstances, le spectre de malthusianisme avec toutes les privations qu'il sous-entend risque de venir hanter le système socio-économique de l'humanité au cours des prochaines décennies.

E. HARTMANS

DIRECTEUR GÉNÉRAL, INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA)

La Direction Afrique de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales — fondée il y a 3 ans — a contribué efficacement à renforcer les liens entre les scientifiques intéressés aux plantes-racines.

Au cours de cette semaine, les participants auront l'occasion de se pencher sur les problèmes propres aux principales récoltes de plantes-racines et tubercules en Afrique et de décider d'une stratégie commune en vue de les résoudre. J'ai conseillé au personnel de l'IITA de profiter de cette occasion pour rencontrer les participants étrangers et établir des relations qui favoriseront la recherche. Depuis que les Portugais ont introduit le manioc en Afrique, au XVI[e] siècle, cette plante a été un bienfait historique pour les régions tropicales humides de ce continent et elle a fait, depuis lors, partie intégrante de la production agricole de ces régions. Bien que l'on ait parfois reproché au manioc d'être une plante épuisante, aucune autre ne saurait peut-être croître dans des sols aussi ingrats. Il n'y a pas de récolte perdue dans le cas du manioc ; ou celle-ci est bonne, ou elle est mauvaise, ce qui est au moins une certaine assurance pour l'agriculture paysanne. Sous les tropiques les seules récoltes qui résistent à une saison sèche sont le manioc et le pois d'Angole. Sur ce continent, le manioc est affecté par des maladies comme la mosaïque et la brûlure bactérienne qui ont été les cibles principales du programme de sélection de l'IITA. Les succès qui ont fait suite à nos efforts sont l'une des grandes raisons de la popularité de notre Institut, en Afrique.

Les diverses variétés d'ignames sont cultivées dans les régions tropicales humides du monde entier, mais l'igname africaine constitue un élément majeur du régime alimentaire. Plusieurs ont prédit la disparition de l'igname blanche en Afrique par suite de son coût élevé, de ses exigences agrologiques, des soins et de la main-d'oeuvre que réclame sa culture, etc. Malgré ces défauts, l'igname conserve un rang éminent dans l'agriculture africaine. La recherche de l'IITA s'est concentrée sur la sélection de lignées d'igname blanche résistantes aux virus et aux nématodes et d'un bon rendement, même non tuteurées. Les techniques de croisement et de germination des semences d'igname blanche ont ouvert de vastes perspectives à la sélection de la plante. L'igname d'eau (*Dioscorea alata*) est plus résistante aux nématodes mais est sensible à la brûlure. La recherche de l'IITA a réussi à produire des cultivars résistants à ce genre de maladies.

Le taro a une saison de végétation plus courte que les ignames et s'adapte aux sols hydromorphes et bien drainés ainsi qu'aux sols forestiers. Il est de cuisson facile et, à l'état cuit, se digère si bien qu'il sert d'aliment pour bébés. La découverte récente d'un procédé provoquant la floraison des taros à l'aide de pulvérisations d'acide gibbérellique a ouvert un nouveau champ de recherche à la production de cette plante. Grâce à ce progrès nouveau, les pépinières de jeunes semis peuvent être exposées aux effets débilitants des maladies et des nématodes locaux. Un problème important qui confronte aujourd'hui le Cameroun et le Nigéria oriental est celui de la brûlure du *Xanthosoma*. Si les scientifiques n'avaient pas réussi à faire fleurir les taros, le seul remède à la brûlure eût été de passer du *Xanthosoma* au *Colocasia* (ce que l'on fait au Cameroun) ou à d'autres espèces de *Xanthosoma*. Il existe aujourd'hui un autre moyen : produire et introduire les semences véritables et les sélectionner pour la résistance à la brûlure. Le facteur de résistance peut ensuite être incorporé génétiquement à des cultivars adaptés aux conditions locales.

La patate douce, une des plantes-racines préférées de l'Asie, est de loin la plus adaptable à peu près à toutes les régions, de tempérées à tropicales. En très peu de temps, son rendement dépasse celui de toutes les autres et elle résiste bien à la sécheresse. Cette plante a un immense avenir en Afrique. Il n'y a pas très longtemps, on ne cultivait presque pas le manioc dans le sud-est de la Thaïlande. Aujourd'hui, ces régions le cultivent et l'exportent en quantités importantes. Il n'est donc pas invraisemblable que la patate douce s'implante largement elle aussi, en Afrique.

Les récoltes se propagent normalement par voie

végétative, mais là où la production de semences est possible, il existe des possibilités uniques d'ouvrir le système génétique et d'exposer les variations accumulées durant une longue suite de propagations végétatives. Une fois obtenu un bon génotype, celui-ci peut alors être reproduit sous forme de clones.

C'est en collaborant à un effort international de cette nature que la Direction Afrique de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales peut le mieux rendre d'utiles services.

LE MANIOC

Stratégie d'amélioration de la résistance du manioc aux maladies et aux insectes les plus importants sur le plan économique, en Afrique

S.K. Hahn, E.R. Terry, K. Leuschner et T.P. Singh

Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan (Nigéria)

En Afrique, les maladies et ennemis du manioc d'une grande importance économique sont respectivement la brûlure bactérienne, l'anthracnose et la mosaïque dans le premier cas et la cochenille dans le second. Des discussions ont eu lieu sur des méthodes de sélection du matériel génétique de manioc à la lumière des facteurs déterminant la maladie et l'apparition des insectes et sur le rôle que ces facteurs jouent dans l'efficacité de la sélection. On a envisagé l'existence possible de variation pathogénique et de biotypes d'insectes qui détermineraient la durabilité de la résistance selon le temps ou le lieu. L'étude suggère les conditions optimales requises pour sélectionner efficacement le matériel génétique du manioc.

The cassava diseases of major economic importance in Africa are cassava mosaic, bacterial blight, and anthracnose, and the major cassava pests are cassava mealybug and green spider mite. Methods of screening cassava breeding material for resistance to the diseases and pests in the light of factors determining the disease and pest incidence and their effect on efficiency of screening have been discussed. The role of the presence of pathogenic variation and biotypes of pests in determining the durability of resistance over localities and time has been considered, and the optimum conditions for efficient screening of the breeding materials have been suggested.

Le manioc est originaire de l'Amérique latine. Il a été introduit en Afrique vers la fin du XVI[e] siècle et s'y est promptement adapté aux pratiques culturales traditionnelles des régions tropicales. Depuis cette époque, il est devenu un aliment de base des populations.

Les principaux obstacles biologiques à la culture du manioc en Afrique sont les insectes et les maladies, dont les principales sont la mosaïque du manioc (MM), la brûlure bactérienne (BBM) et l'anthracnose (AM).

La mosaïque a été observée en Afrique et en Inde. En Afrique, elle est très répandue et se rencontre dans toutes les régions productrices de manioc (Hahn, 1978) dont elle peut réduire les rendements jusqu'à 90 %, dans les cas extrêmes. La maladie est transmise par un insecte vecteur (spp. *Bemisia*). L'agent causal véritable reste à identifier, mais on soupçonne qu'il est d'origine virale (Storey et Nichols, 1938 ; Bock et Guthrie, 1976 ; Roussel et Thorrappilly, 1978).

L'anthracnose, causée par le spp *Colletotricum* est une autre maladie importante des tiges dans les savanes herbeuses de l'Afrique centrale aux sols arides et acides (Terry et Goodman, 1977).

Les principaux insectes nuisibles au manioc, en Afrique, sont la cochenille (*Phenacoccus manihoti*) et la teigne (*Mononychellus tanajoa*). La cochenille, (CM) est distribuée dans la plupart des régions à manioc de l'Afrique centrale et occidentale, depuis qu'elle a été signalée en 1973, au Zaïre (Hahn et Williams, 1973). La teigne (TM) est également devenue un ennemi sérieux à peu près dans toutes les cultures de manioc africaines et on l'a signalée d'abord dans l'Ouganda en 1972 (Nyiira, 1975). On croit que ces insectes ont été introduits en Afrique en même temps que des plantes importées de l'Amérique latine. Ces parasites causent plus de dégâts pendant la saison sèche qu'à l'époque des pluies, et dans les terres sableuses pauvres et sèches que dans celles à humidité plus prononcée.

Dans la pratique agricole traditionnelle de l'Afrique, où les apports extérieurs sont rares, on recourt fréquemment à des éléments végétatifs de propagation infectés de maladies et d'insectes. La CM et la TM se propagent notamment par les vents, des branches infectées, ou par les feuilles de manioc cueillies comme légumes.

En raison de l'emploi restreint de produits chimiques en Afrique, la production de cultivars résistants aux maladies et aux insectes constitue le moyen le plus réaliste et le plus adéquat de combattre ces ennemis des récoltes.

Les premières mesures devront donc comporter :

- l'identification des facteurs déterminant la fréquence des maladies et des insectes nuisibles, sur laquelle on pourra s'appuyer pour sélectionner sur place le matériel génétique résistant ;
- l'examen des facteurs susceptibles d'influencer l'efficacité de la sélection ;
- l'étude du rôle des variations pathogéniques dans la mise au point de procédés de sélection efficaces et sûrs.

Facteurs affectant la fréquence des maladies et des insectes nuisibles

Facteurs biologiques

La fréquence des maladies dépend de la quantité d'inoculum qui, à son tour, dépend du nombre et de l'activité des vecteurs (*Bemisia tabaci*, dans le cas de la MM). C'est ainsi, notamment, qu'on a pu relier la fréquence de la MM à la population d'aleurodes (Leuschner et Terry, 1976). L'écimage, qui provoque la repousse favorise les manifestations de la mosaïque. Les jeunes feuilles y sont en effet surtout sensibles, de sorte que les symptômes de la MM diminuent à mesure que les plants avancent en âge. L'infestation varie avec le degré de résistance des plants individuels. Les conditions atmosphériques apparemment les plus favorables à la multiplication et à l'activité des aleurodes sont des précipitations pluviales mensuelles de 150 à 280 mm, des températures de l'ordre de 27 à 32 °C et une irradiation solaire de 400 g-cal/CM^2 (Leuschner, 1978).

On a soupçonné les insectes suceurs d'augmenter la fréquence de la BBM. À mesure que les plants vieillissent, les symptômes de brûlure sous forme de dépérissement des extrémités vont en augmentant (Hahn, 1978), et les feuilles inférieures plus anciennes, affichent des symptômes plus prononcés que les feuilles plus jeunes. Toutefois, comme pour la mosaïque, les jeunes pousses sont plus sensibles à la brûlure bactérienne et la fréquence varie selon la résistance des plants individuels.

Les parties grasses des jeunes tiges de manioc sont plus sensibles à l'AM que les plus âgées.

Les dégâts causés par la TM et la CM seront vraisemblablement moindres si la population des insectes est moins considérable et doit se défendre contre ses ennemis naturels.

Facteurs d'environnement

La température influence l'apparition des symptômes de la mosaïque ; les températures élevées (35 °C) en arrêtent le développement (Chant, 1959 ; Terry, 1978b). De plus, la fréquence est affectée par des applications de chaux. On a observé que des quantités de 0,5 à 1,0 t/ha la font augmenter (Edward et Kang, 1978). En sols acides, la MM est moins sérieuse. Ambe-Tumanteh (1980) avance que les éléments nutritifs du sol (N, P, et Na) ont une influence notable sur la plus ou moins grande virulence de la mosaïque ($r = 0,58, 0,54,$ et $-0,51$ respectivement). Les cas de MM sont moins nombreux pendant la saison sèche dans les régions dont l'altitude dépasse 500 m, et dans celles où les précipitations annuelles sont inférieures à 900 mm ou supérieures à 1 500 mm.

La BBM se manifeste avec plus de sévérité dans les régions dont la température moyenne diurne et nocturne se situe entre 20 à 25 °C que dans celles où elle est de 25 à 30 °C. Elle est aussi plus prononcée dans les régions où les températures sont de 15 à 20 °C la nuit, et de 28 à 30 °C le jour, que là où ces mêmes températures sont, respectivement, de 22 à 25 °C et de 30 à 33 °C. (Takatsu et alii, 1978). On a constaté que la température la plus favorable à la multiplication de *Xanthomonas manihotis* et de *X. cassavae* est 30 °C (Maraite et Weyns, 1978). Les cas de BBM paraissent être plus fréquents dans les sols pauvres sablonneux durant la saison des pluies.

Les dommages causés aux récoltes par la CM et le TM sont beaucoup plus importants durant la saison sèche que durant la saison pluvieuse. De plus, ces insectes nuisent plus aux plants en sols pauvres et secs, sablonneux, qu'en sols humides et plus fertiles.

Facteurs affectant la qualité de la sélection

La sélection visant à augmenter la résistance aux maladies et aux insectes cherche en même temps à rendre les cultivars plus résistants à des conditions écologiques très diverses et pour de longues durées, dans le but ultime de stabiliser la production. La sélection dans le champ repose généralement sur la manifestation phénotypique des symptômes pathologiques chez les plantes naturellement infectées par des maladies ou infestées par des insectes. Cette sélection offre le plus de garantie lorsqu'elle s'effectue dans des conditions d'environnement très voisines de celles des régions productrices de manioc, qui favorisent la manifestation complète des symptômes par les génotypes, et dont la population d'insectes est adéquate et l'inoculum pathogène suffisant. L'environnement optimal est celui qui amplifie les différences entre génotypes dans la manifestation des symptômes. Il est donc très important pour la valeur de la sélection dans le champ de choisir les endroits et les saisons où les conditions optimales se rencontrent. Ces endroits devraient être aussi repré-

sentatifs que possible des principales régions productrices de manioc quant au climat, aux sols, à la topographie, aux organismes biologiques (maladies et insectes), et aux méthodes de culture. L'environnement choisi et les saisons de sélection devraient être aussi uniformes que possible. Les génotypes à sélectionner devront également être au stade de végétation le plus favorable à une large infestation par les maladies et les insectes de façon à obtenir la meilleure manifestation des symptômes.

Pour minimiser les risques d'erreurs de sélection ou, en d'autres termes, pour améliorer son efficacité et obtenir des génotypes adaptés à une grande diversité d'environnements, les scientifiques devront s'assurer que les effets d'interaction entre le génotype et l'environnement soient faibles.

La résistance est-elle durable?

Le matériel génétique résistant à la mosaïque provenant de l'IITA a été mis à l'épreuve dans plusieurs pays de l'Afrique centrale, occidentale et orientale ainsi qu'en Inde et s'est montré constamment résistant à la MM (IITA 1973–1978). Cette absence de variation régionale dans la résistance ainsi que le caractère polygénique de la résistance à la MM permettent de croire que cette résistance est durable à long terme dans plusieurs endroits, mais on ignore si cette introduction est réussie dans toutes les lignées, la réponse dépendant d'informations sur les variations pathogéniques, dont nous ne disposons pas actuellement. (Hahn et alli, 1980b). Le caractère amphidiploïde et génétiquement hétérozigote du manioc appuie la théorie voulant que sa résistance à la mosaïque soit durable dans des endroits donnés et à longue échéance. Les résultats des études, notamment sur les variations pathogéniques de la MM, justifient des recherches plus approfondies.

Des études comparatives sur divers isolats américains et africains de *X. manihotis* ont fait ressortir des différences dans leur virulence (Lozano 1975). Maraite et Weyns, (1978) ont rapporté quelques indications voulant que *X. manihotis* (BBM) diffère de *X. cassavae* (nécrose bactérienne du manioc) que l'on a isolé du matériel recueilli au Rwanda et en Tanzanie. Cependant, l'on ne sait pas encore si ces espèces diffèrent dans leur réaction envers différents génotypes de manioc. Le matériel génétique de l'IITA résistant à la BBM, lorsqu'il a été mis à l'essai du Kenya, s'est montré résistant (B. Beck, 1980, communication personnelle). Il en a été de même au Zaïre. La résistance à la BBM mise au point à l'IITA paraît donc être efficace dans plusieurs endroits. Cette résistance est polygénique. Elle s'est maintenue pendant les 7 dernières années au Nigéria. Ces constatations laissent croire que la résistance est durable à longue échéance et en plusieurs endroits. La variation pathogénique des organismes responsables de la brûlure bactérienne du manioc ainsi que les réactions de différents génotypes de manioc aux lignées et sous-espèces possibles doivent faire l'objet de recherches plus poussées.

Nous ne disposons pas d'informations concernant la cochenille et la teigne. Des recherches dans ce secteur seraient fort utiles pour les essais génétiques de résistance à ces deux insectes et pour les mesures de contrôle biologique. Certains cultivars de l'IITA sont censés posséder des gènes de résistance à la TM ; les progénitures provenant de plusieurs parents produits à l'IITA se sont montrés résistants à cet insecte, en Tanzanie.

Méthodes de sélection

En faisant la sélection du matériel génétique du manioc, les scientifiques doivent rechercher l'efficience et la stabilité de résistance à longue échéance et dans divers milieux.

La sélection dans le champ pour la résistance à la MM doit donc s'effectuer dans un environnement où l'on aura constaté la présence d'inoculum sur les plants de manioc, l'abondance des aleurodes et où la température moyenne est relativement modérée. (moins de 30 °C). Les méthodes seront particulièrement efficaces dans les endroits ayant des précipitations annuelles de 1 000 à 1 500 mm, dont l'altitude est inférieure à 500 m, où les températures moyennes oscillent entre 20 et 25 °C, et dans des sols ayant un pH de 4 à 6, riches en N et P et pauvres en Na. Les semis destinés à la sélection devront avoir levé avant l'arrivée de la saison des pluies ou dès son début, de façon à être exposés le plus intensément à la maladie au milieu de cette saison, époque où les aleurodes se seront multipliés, où la température sera modérée et les plantes en pleine végétation.

L'écimage des jeunes plants favorise la manifestation des symptômes de la MM. Les plants sélectionnés devront être replantés l'année suivante comme clones pour confirmer la résistance. Les essais à cette fin n'auront pas à se poursuivre plus de deux ans dans les endroits très exposés à la maladie, mais ils devraient durer au moins 4 ans dans les situations où la maladie est peu répandue, notamment dans les régions en altitude. La courbe de l'hérédité du caractère résistance à la MM et à la BBM va de moyen à élevé chez les plants de manioc dans des conditions optimales. On peut en déduire que la sélection en vue de la résistance à cette maladie est efficace et réalisable dans ce genre d'environnement au début du stade de la reproduction.

Concernant la brûlure bactérienne, les résultats dépendent de l'époque de la plantation, de l'âge des plants et du moment des observations (Hahn, 1978), et ils ont varié d'une année à l'autre. La sélection pour la résistance à la BBM devra s'effectuer pendant la saison pluvieuse lorsque le développement des symptômes et leur gravité sont très manifestes et lorsque les tissus de la plante sont succulents. En conséquence, on devra veiller à ce que les jeunes plants soient levés avant le commencement de la saison des pluies, ou dès son début, comme il est recommandé pour la sélection contre la MM. Il existe une corrélation étroite entre la mosaïque et la brûlure bactérienne, qui implique que la sélection pour la résistance à l'une entraînera la résistance à l'autre. S'il est possible de manipuler le caractère héréditaire en s'appuyant sur des conditions d'essais favorables et, à l'aide de techniques de sélection perfectionnées, d'améliorer la résistance au BBM, la résistance à la MM devrait s'en trouver accrue parallèlement. Si l'incidence de BBM est trop faible dans des conditions d'essai naturelles, il faudra recourir à l'inoculation artificielle. Dans les endroits où la mosaïque et la brûlure bactérienne causent toutes deux des dégâts, on effectuera simultanément la sélection du matériel génétique en fonction de la résistance à ces deux maladies. Cette méthode accroîtra l'efficacité de la sélection et en réduira le coût. Dans des conditons optimales la résistance à la BBM et à la MM se sont révélées héréditaires à un degré variant de moyen à élevé.

La cochenille et la teigne sont abondantes pendant la saison sèche. La sélection de matériel génétique résistant à ces deux insectes devra donc s'effectuer à cette époque. Assez fréquemment, cependant, il est difficile de distinguer les dommages dus à la sécheresse de ceux causés par les insectes.

On a fait état de la résistance du manioc à TM (Nyiira, 1975 ; Msabaha, 1975 ; Hahn et alli, 1980a) et on l'a démontrée de façon plus nette que celle à CM. Cependant, dans le cas de cette dernière on a obtenu des résultats également encourageants. Par exemple, on a signalé que la cochenille ne s'attaque pas sur une espèce apparentée de *Manihot* importée du Brésil (IITA, 1978) ; il semble aussi qu'il existe certaines différences clonales dans les dégâts causés par la cochenille au Zaïre (IITA, 1979) et l'on a observé des différences variétales remarquables dans la récupération du manioc ravagé par la cochenille après l'arrivée de la saison des pluies.

L'AMÉLIORATION DU MANIOC DANS LE PROGRAMME NATIONAL MANIOC DU ZAÏRE : OBJECTIFS ET RÉALISATIONS JUSQU'À 1978

H.C. EZUMAH

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA)

Le programme national sur le manioc est un projet de recherche et de formation établi à la suite d'un accord intervenu entre le Gouvernement du Zaïre et l'IITA. L'étude décrit l'état des travaux entrepris par le PRONAM pour recueillir du matériel génétique de manioc, le sélectionner en fonction de la résistance aux principaux ennemis et maladies au Zaïre et les études sur l'identification et la multiplication de cultivars à rendement élevé et résistants aux maladies.

The Programme National Manioc (PRONAM) is a research and training project in cassava established by a cooperative arrangement between the government of Zaire and IITA. Progress made by PRONAM to assemble cassava germ plasm, to screen it for resistance to prevailing diseases and pests in Zaire, and to identify and multiply high-yielding, disease-resistant cultivars is reported in this paper.

Fondé en vertu d'un protocole d'entente entre le Gouvernement du Zaïre et l'Institut international d'agriculture tropicale, le Programme National Manioc (PRONAM) constitue un projet de recherche et de formation dont les buts sont les suivants :

- améliorer le manioc dans la République du Zaïre, ce qui inclut la sélection en vue de la résistance aux maladies et aux insectes ainsi que l'amélioration de la qualité des tubercules et des feuilles ;
- mettre au point des pratiques culturales qui porteront les rendements de manioc à leur point de rentabilité optimal ;
- choisir et former des Zaïrois vraiment intéressés pour qu'ils soient en mesure d'assumer la direction du projet dans les plus brefs délais possibles.

Cet exposé traite des efforts d'amélioration du manioc entrepris par PRONAM jusqu'à 1978.

Au début de ce programme, on a constaté la nécessité de fournir au personnel de la station de M'vuazi Zaïre du matériel génétique de manioc. Un généticien a donc été affecté à M'vuazi peu après la mise en oeuvre du PRONAM. Les activités du sous-programme de sélection approchent du dernier stade d'un ensemble qui en comporte cinq ou six. Une attention particulière a été accordée à :

- la collecte et à l'évaluation sur place du matériel génétique en fonction de la résistance aux principaux ennemis et maladies et l'introduction d'autres caractères importants, y compris l'obtention de rendements élevés de tubercules à forte concentration de fécule et faible teneur en acide cyanhydrique dans les racines et dans les feuilles ;
- de bonnes qualités comestibles pour les *chickwangue*, *fufu*, et *Ndika* et des feuilles de bonne sapidité à contenu protéique élevé ;
- la recombinaison et la production de semences provenant de cultivars exotiques et de variétés locales sélectionnées en état d'isolement ; comme polycroisements dans des champs à pollinisation libre ; et comme croisements contrôlés en vue de l'introduction de caractères spécifiques désirables ;
- des essais préliminaires de rendement en divers endroits aux conditions écologiques différentes ;
- des essais de rendement plus avancés dans le champ, en divers endroits choisis pour leur variété écologique ;
- des démonstrations sur place, chez les cultivateurs par l'entremise d'organismes nationaux ; et
- la multiplication de cultivars améliorés, résistant aux ennemis et aux insectes et à grand rendement, actuellement disponibles à la station de M'vuazi.

COLLECTE ET ÉVALUATION DU MATÉRIEL GÉNÉTIQUE

Avant l'arrivée du généticien à M'vuazi, l'Institut

national pour l'étude et la recherche agronomiques (INERA) possédait une collection de 196 clones de manioc. Ces derniers, ainsi que plusieurs milliers de semences provenant de diverses sources, ont constitué la population de base du programme de génétique PRONAM. Les semences provenaient de diverses sources : des recombinants polycroisés des 196 clones, 100 000 environ de grande variabilité génétique dérivées des 165 familles fournies par l'IITA en 1974, et 2 500 autres des 138 familles également fournies par l'IITA en mars 1975. On a aussi implanté un total de 50 000 semences de grains locaux, des semences de l'IITA (50 000) et environ 20 000 semences de pollinisation libre dérivées des 200 clones locaux. La première année d'activités de PRONAM au Zaïre a été marquée par un travail extensif de sélection de ces diverses populations.

Toutes les sélections obtenues des nombreux jeunes plants en place se sont avérées sensibles aux cochenilles, ennemis sérieux des récoltes au Zaïre et ailleurs en Afrique. On a donc recommandé d'élargir les sources de matériel génétique (Leuschner, 1976), et environ 100 000 autres semences ont été livrées à M'vuazi en mars 1977. Pour la plupart, ces semences étaient d'espèces exotiques de pays sud-américains, dont le Venezuela, la Colombie, le Mexique et le Brésil. Le choix de ces pays était justifié par le fait que l'Amérique du sud étant le lieu d'origine de la cochenille, elle offrait de ce fait plus de chances de pouvoir livrer également une source de résistance.

Les divers matériels génétiques réunis à M'vuazi entre 1974 et 1976 ont été groupés en sept sous-populations désignées comme suit d'après leur origine :

- familles IITA, dans lesquelles un des parents du croisement était connu ;
- IITA–A, constituée des semences en vrac provenant des essais préliminaires de rendement de 1973 ;
- IITA–B, constituée des 58 308 semences en vrac à pollinisation libre de 1973 ;
- IITA–C, constituée des semences en vrac provenant des hybrides des essais préliminaires de rendement ;
- INERA–D, constituée des semences en vrac, à pollinisation libre provenant des clones INERA de 1974 ;
- Cultivateurs–E, constituée des semences en vrac provenant des champs des cultivateurs ; et
- INERA–F, constituée des sélections clonales des collections d'INERA.

Résultats de la sélection et des essais de rendement

Les résultats des exercices de sélection (Tableau 1) ont indiqué que la résistance à la mosaïque et à la brûlure bactérienne du manioc, développée à l'IITA, s'est maintenue à M'vuazi ; que l'anthracnose s'est montrée plus réfractaire au Zaïre qu'au

Tableau 1. Cotes pathogéniques du matériel génétique à M'vuazi, 1975.

Origine	N. de plants	% par catégories :[a]				
		1	2	3	4	5
		Mosaïque				
IITA–A	520	22	43	15	16	4
IITA–B	492	31	28	21	14	6
IITA–C	615	16	32	22	21	9
INERA–D	324	5	7	28	38	22
Cultivateurs–E	165	0	8	30	29	33
		Brûlure bactérienne				
IITA–A	520	28	26	17	9	10
IITA–B	492	26	39	28	7	11
IITA–C	615	19	44	20	11	6
INERA–D	324	9	16	21	36	18
Cultivateurs–E	165	8	21	33	18	20
		Anthracnose				
IITA–A	520	13	29	44	7	7
IITA–B	492	15	32	25	19	9
IITA–C	615	21	27	34	13	5
INERA–D	324	7	11	42	12	28
Cultivateurs–E	165	0	6	18	22	34

a) Catégorie 1 = pas de symptômes apparents ; catégorie 5 = mort.

Nigéria et qu'elle a été plus virulente dans la région de Bandundu que dans le Bas-Zaïre : que la cochenille a constitué un très sérieux problème dans le Bas-Zaïre, détruisant plusieurs de nos clones résistants ; que 10 des 165 familles avaient un potentiel de rendement supérieur à 50 t/ha, avec une densité de plantation en lignes espacées de 4 m et à 50 × 50 cm sur la ligne (Tableau 2). Un des clones, 02864, de la collection locale a produit plus de 40 t/ha et six autres plus de 30 t/ha (Tableau 2).

Tableau 2. Répartition résumée des semis et clones de manioc mis à l'essai à M'vuazi.

Rendements (t/ha)	Plants de semis IITA (N. de familles)	(%)	Clones locaux (N. de clones)	(%)
≥ 60,0	3	1,8	–	–
50–59,9	7	4,2	–	–
40–49,9	3	3,0	1	0,5
30–39,9	20	12,1	6	3,1
20–29,9	49	29,7	56	28,6
< 20,0	81	49,2	131	67,8

Devant ces résultats, le personnel de PRONAM estime nécessaire d'évaluer les clones en différents endroits. Les résultats de ce travail ont été publiés dans le Rapport annuel de 1976 (Tableau 3).

On a retenu plusieurs lignées de clones pour des essais de rendements plus avancés, à M'vuazi, Kiyaka, Vanga/Losekele, Kimpese, et Yangambi, pour la multiplication en vue d'essais éventuels à la ferme, et pour distribution aux cultivateurs. Malheureusement une bonne partie de ce matériel génétique a été perdue par suite d'une certaine incurie en divers endroits — dans les villages de Kikwit, Lowa, Bulungu, Mbanza-Ngungu, Boko, Gandajika, Kwilu-Ngongo, et Nkielelo. PRONAM a dû décider de restreindre ses activités aux endroits où les expériences seraient réalisées dans les conditions requises de soins et de surveillance. C'est pourquoi les nouvelles semences reçues en 1977 ont été confiées seulement à M'vuazi et à Kimpese en vue de la sélection positive et négative, respectivement, pour la résistance à la cochenille ; à Kiyak (Bandundu) et Gandajika (Kasai), pour la résistance à l'anthracnose ; et à Luberizi et Kivu, pour la résistance à la teigne. Une sélection plus rigoureuse a pu être effectuée grâce au concours du pathologiste qui s'est joint à PRONAM à la fin de 1976, et de l'entomologiste qui est arrivé en janvier 1977 et dont le rôle principal a été de former le personnel au domaine de la biologie et du mode de propagation de la cochenille (Nwanze et Leuschner, 1977 ; Nwanze, 1977 ; Nwanze et alii, 1977 ; Ezumah et Knight, 1977).

Durant la saison 1977–1978, on a observé que les jeunes plants d'origine latino-américaine étaient attaqués par la MM. Les plants pubescents ont été étiquetés afin de découvrir si ce caractère constituait une défense contre la CM. Les résultats ont fait ressortir que tous les plants, pubescents ou non,

Tableau 3. Rendement moyen en racines de clones, en des endroits choisis du Zaïre (essais préliminaires de rendement).

Endroit	Clones	IITA (kg/plant) 5 % sup.[a]	IITA (kg/plant) 10 % sup.	Témoin (kg/plant)	Rapport (IITA/témoin) 5 % sup.	Rapport (IITA/témoin) 10 % sup.
Sols d'alluvions ; nappe aquifère élevée						
M'vuazi/Mankewa	243	4,53 (12)	3,86	1,86	2,43	2,08
M'vuazi/Route P.V.	1105	6,67 (55)	4,92	2,95	2,34	1,73
Forestier						
Vanga	525	4,15 (26)	3,09	3,84	1,46	1,09
Forêt de Kiyaka	183	4,27 (9)	3,23	2,13	2,00	1,52
Broussaille, herbeux Couche supérieure épaisse						
Lowa	439	4,38 (22)	3,59	2,29	2,04	1,45
Savana ancienne						
Kikwit	520	5,19 (21)	4,90	2,52	2,01	1,94
Sable maigre						
Tonu	223	0,82 (11)	0,71	0,36	2,30	2,00
Plateau de Kiyaka	1037	0,41 (52)	0,30	0,29	1,41	1,03

a) Les chiffres entre ( ) indiquent la fréquence à 5 %.

étaient fortement attaqués par la cochenille, spécialement à Kimpese (sélection négative). Les cotes accordées ont été de 4 et 5 dans une gamme variant de 1 à 5, le 1 signifiant « indemne », et le 5 « mort ». Cependant plus de 90 % des plants cotés 4 étaient pubescents, indication possible d'une résistance modérée attribuable à ce caractère.

Trois sélections d'origine brésilienne ayant les caractères du manioc sauvage, TMI 6134, TMI 6154, et TMI 6096 se sont montrées très résistantes aux attaques et au développement de la cochenille. Ces sources de résistance ont été bien établies et elles serviront dans les travaux futurs de génétique. Cependant, l'incapacité du personnel de PRONAM à obtenir des clones de ce matériel constitue un obstacle majeur. On peut aisément produire des semences, mais de fortes attaques de la BBM font fréquemment avorter les fruits.

Rendement élevé et qualité des plantes-racines

Les principaux critères de sélection ont été : rendement élevé en tubercules, résistance aux principaux insectes et maladies, concentrations élevées de fécule, couleur, arôme, texture et saveur dans la préparation de *chickwangue* et de *fufu*. Les détails de ces résultats figurent dans les Rapports annuels 1977 et 1978 de PRONAM. Parmi les sélections de PRONAM considérées comme bonnes ou très bonnes sous forme de *fufu*, mentionnons A 157, 30068, 30225, 30344, 30280, 30014 et, sous forme de *chickwangue* : 30344, 30294, A 157, 30003, 30008, 30280, et plusieurs autres. Celles dont la présentation est très bonne incluent notamment A 157, 30068, 30225, 30344 et 30280.

Outre les 10 sélections d'élite désignées par PRONERA 1–5 (dérivées des 196 clones d'INERA) et PRONAM 1–5 (dérivées d'exotiques PRONAM (Tableau 4), on a sélectionné parmi les 15 meilleurs clones des collections INERA ceux ayant donné pendant 4 ans un rendement élevé en racines fraîches (Tableau 5). Et on dispose maintenant d'excellents clones PRONAM dérivés des essais avancés de rendement 1977 et 1978 (voir Rapport annuel PRONAM 1977 et 1978) (Tableau 6).

Évaluation des clones de manioc

Les parcelles miniatures sont des lopins séparés de 10 × 6 m comprenant 250 clones, où des recherches sont réalisées conjointement par le Groupe d'économie rurale (GER) et PRONAM que ce dernier a voulu associer aux travaux de sélection. De précieux renseignements ont été recueillis sur les préférences des cultivateurs, et les sélections effectuées ont été mises à la disposition du GER et d'un nouveau généticien du manioc.

En collaboration avec GER, les 15 meilleurs clones d'INERA ont été distribués à 30 cultivateurs. Les rendements en racines à la ferme ont été comparables à ceux obtenus expérimentalement pour presque tous les clones, indiquant ainsi que les clones d'INERA convenaient pour la reproduction (Tableau 5).

PRONAM a également encouragé la production à grande échelle en fournissant certains clones, notamment 02864, aux sociétés JVL, Kolo, Sucrière, Kwilu-Ngongo. Ces entreprises ont créé de vastes plantations de manioc après deux années de multiplication des quantités restreintes de 02864 que leur

Tableau 4. Rendements, qualité des préparations alimentaires et cotes de résistance de 11 variétés de manioc.

Nom de la variété	Identification	Rendement	Qualité				Résistance aux maladies (cotes)			
		t/ha	Feuilles	Fufu	Chick-wangue	Remarques générales	MM	BBM	AM	Vigueur
PRONAM 1	30555/3	31,4	Bonne	Très bonne	Bonne	Bonne	2	1	3	3
PRONAM 2	A 56	28,6	Bonne	Très bonne	Bonne	Bonne	2	2	2	3
PRONAM 3	30933/1	24,9	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	3	2	2	3
PRONAM 4	30179/2	26,6	Bonne	Très bonne	Bonne	Bonne	2	2	2	3
PRONAM 5	30697/272	21,2	Inacceptable	Très bonne	Bonne	Bonne	1	1	2	3
PRONERA 1[a]	Série n° 02868	20.7	Bonne	Très bonne	Bonne	Bonne	3	2	3	3
PRONERA 2	154	17,8	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	3	3	2	3
PRONERA 3	108	22,7	Bonne	Très bonne	Bonne	Bonne	2	3	3	3
PRONERA 4	40	19,2	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	3	2	2	3
PRONERA 5	45	23,1	Bonne	Très bonne	Bonne	Bonne	3	3	3	3
PRONERA 6	146	15,8	Bonne	Très bonne	Très bonne	Bonne	3	3	2	3

a) D'après la moyenne de 3 années à deux endroits et la moyenne de 5 années à deux endroits.

Tableau 5. Rendements de 15 clones de manioc durant quatre saisons.

Clone	Mankewa 1974–75 (t/ha)	Mankewa 1975–76 (t/ha)	Mankewa 1976–77 (t/ha)	Mpalukidi 1977–78 (t/ha)	Moyenne	Déviation standard	Essais à la ferme (30 cultivateurs, 5/ha)
07 Amer Eala Ma 175	28,0	19,3	12,3	13,7	18,3	7,1	10,8
P. 2715 Yb 39/40	37,5	22,5	23,0	17,5	25,1	8,6	–
05746 Yb	27,5	18,7	25,0	15,5	21,7	5,5	21,2
0443/45/7 × 0299/15 Ma	14,5	23,8	18,0	17,1	18,4	3,9	18,6
Kandanga Malombe	12,6	18,2	15,7	17,1	18,4	5,4	21,6
Kengele 2	18,4	12,6	15,6	13,9	15,1	2,5	16,8
02864 S	48,3	31,7	22,8	16,1	22,4	12,1	10,0
Nzenza Yelese	16,4	11,9	18,8	19,9	16,8	3,5	17,6
5733	32,9	17,6	15,5	21,7	21,9	7,8	9,0
Kikiva	20,4	11,8	22,6	18,3	18,3	4,7	18,4
Mbuaki 2	15,5	16,5	15,5	15,9	15,9	0,5	11,6
Mbuaki (Belge)	15,6	21,7	18,9	19,8	19,0	2,5	22,4
02715 S Yb	11,5	17,4	23,4	20,3	18,2	5,1	13,2
4082/S Yb	24,7	19,2	21,4	18,6	21,0	2,8	8,0
(02864S × 0443) Ma 217	21,8	16,9	20,8	17,4	19,2	2,4	–

avait fournies PRONAM. JVL a rapporté pour ses plantations des rendements moyens dépassant 22 t/ha.

Stimulée par les demandes répétées de divers groupes, organismes et particuliers, l'Association internationale pour le développement (IDA) à la requête du ministère de l'Agriculture du Zaïre a financé, en 1978, l'aménagement de 10 à 15 hectares pour la multiplication des clones, sur une grande échelle. En 1979, environ 42 hectares ont été ajoutés, portant le total à 57 hectares. Tous les clones plantés dans les concessions ont été acceptables quant à la qualité et à la quantité : certains sont vigoureux et ont donné de bons rendements en tubercules, mais ils ne résistent pas aux principaux insectes et maladies.

Tableau 6. Comportements relatifs de certaines sélections aux essais avancés de rendement, à M'vuazi, 1977.

Clone	Racines fraîches (11 mois, t/ha)	Mat. sèche (%)	Poids sec (t/ha)	Fécule (%)	Cotes de résistance (6 mois) MM	BBM	AM	Verse (%)	Racines fraîches (essais de rendem. prélimin. 1975–76, (t/ha)
30344/8	48,5	30,7	14,9	23,9	2	2	3	30	25,6
F 154	43,5	27,2	11,8	20,9	3	3	2	25	21,7
30070/4	34,9	31,7	11,1	24,8	2	2	2	20	21,0
02864	30,8	32,6	10,0	25,6	3	3	2	30	24,7
30174/2	33,9	29,3	9,9	22,7	3	2	4	40	30,0
30225/1	30,1	32,0	9,6	25,0	2	2	2	10	20,2
30122/2	25,9	31,8	8,5	24,9	2	1	2	30	33,7
30122/3	24,8	34,3	8,5	27,0	1	2	2	20	18,0
30294/6	24,2	34,1	8,2	26,9	3	3	1	10	26,0
30429/7	23,8	33,0	7,9	25,9	3	3	2	0	20,1
30399/5	22,0	34,0	7,6	26,8	3	3	2	90	25,2
30344/6	21,3	35,0	7,5	27,6	2	2	2	40	48,6
F 45	24,7	29,5	7,3	22,8	3	3	3	40	26,8
30008/2	23,7	29,9	7,1	23,2	2	3	3	80	27,5
30213/5	20,3	34,7	7,0	27,4	2	3	3	10	14,2
F 120	19,8	34,4	6,8	27,1	3	2	3	25	18,3
30697/272	17,3	39,1	6,8	31,2	2	2	2	10	26,4
30280/3	22,0	30,7	6,8	23,9	2	3	2	50	23,3
30280/4	21,6	32,4	6,8	25,4	3	3	3	40	25,5
30070/2	20,4	33,0	6,7	25,9	2	2	3	35	30,0

L'avenir

PRONAM possède au Zaïre l'embryon nécessaire à l'amélioration génétique du manioc. Des collections de manioc d'une grande variété génétique, tant local qu'exotique, ont été constituées. Plusieurs des plants d'abord introduits parmi les 196 clones d'INERA, ainsi que certains clones locaux, tel que Mpelolongi, proviennent du Brésil.

L'hybridation de Mpelolongi avec d'autres variétés de manioc locales et étrangères a introduit une immense diversité dans les champs cultivés du Bas-Zaïre. Toutes ces variétés, en plus des sources disponibles de résistance à la MM, BBM, AM, CM et TM, pourraient déboucher sur la production d'un clone de manioc doté d'une résistance polyvalente à ses principaux ennemis.

La sélection préliminaire rapportée dans la revue de cette année révèle également que l'on dispose à M'vuazi de clones dont les feuilles n'ont qu'une faible teneur en acide cyanhydrique. Ces clones, avec d'autres qui seront identifiés plus tard, devraient constituer une précieuse sous-population de manioc à faible teneur en HCN.

Plusieurs études ont permis de constater que la cochenille du manioc peut être dévastatrice et entraîner des pertes de rendement de l'ordre de 50 à 80 % (PRONAM 1978). Cependant, des études connexes sur du manioc planté tôt dans des sols alluviaux riches, à nappe phréatique élevée, ont indiqué des réductions beaucoup moindres (18 %) du rendement. La plantation précoce et le choix de terres relativement fertiles pour la culture du manioc pourraient contribuer à réduire les pertes, bien que la disponibilité de variétés résistantes demeure la solution à long terme du problème.

L'anthracnose reste l'une des maladies graves du manioc à laquelle on doit s'attacher. Elle est d'une extrême sévérité dans les sols sableux des savanes et dans les sables Kalahari des régions de Bandundu et du Kassaï.

Des essais avancés de rendement devront se poursuivre en des endroits présentant plus de diversité écologique que ceux actuellement utilisés. On peut espérer qu'avec le développement de PRONAM qui s'attachera aux stades de multiplication et de distribution, et grâce aux contrats du Gouvernement du Zaïre avec IDA et IITA, PRONAM pourra disposer des ressources financières et logistiques lui permettant de créer de nouveaux centres d'évaluation du manioc et d'étendre ses études à d'autres zones climatiques. La formation professionnelle pourrait s'accélérer s'il existait d'autres centres que M'vuazi.

Le manioc idéal pour les régions où l'on consomme à la fois ses feuilles et ses racines devrait produire un fort rendement de ces deux éléments pendant les saisons sèches comme pendant les saisons humides. Racines et feuilles devraient être sapides et de très bonne qualité. Si cet idéal se révèle inaccessible biologiquement, on devra explorer les possibilités de séparer ces deux qualités souhaitées. Peut-être vaudrait-il la peine d'étudier l'opportunité économique et pratique de sélectionner un type de manioc pour les racines et un autre pour les feuilles.

La tâche la plus critique paraît devoir être l'obtention d'un maximum de cinq sélections d'élite aux fins de multiplication et de distribution aux cultivateurs. Les résultats obtenus à ce jour par PRONAM laissent croire qu'on parviendra très probablement à des résultats raisonnablement acceptables. D'autres essais s'imposent évidemment et beaucoup de travail reste à accomplir pour résoudre les problèmes que soulèvent les infestations de cochenilles, teignes et anthracnose qui demeurent trois grands ennemis du manioc contre lesquels PRONAM n'a encore, jusqu'à présent, obtenu que peu de succès.

ÉVALUATION DES CULTIVARS DE MANIOC POUR LES TRAVAUX DE VULGARISATION

C. OYOLU

DÉPARTEMENT DES CULTURES VIVRIÈRES, UNIVERSITÉ DU NIGÉRIA, NSUKKA (NIGÉRIA)

Observation des qualités végétatives de TMX 30395 et Nwugo, cultivars de manioc plantés en novembre 1978 et détermination du rendement en tubercules des plants de 12 mois. Aucune trace de maladie sur TMX 30395 et son feuillage couvrait complètement 1 m^2 de sol entre 6 et 7 mois. Chez Nwugo, moins de 10% de brûlure bactérienne et la voûte de feuillage n'était pas aussi dense que celle des cultivars précédents. Le rendement en tubercules de TMX 30395 a été supérieur à celui de Nwugo, soit respectivement 21,4 t/ha et 17,8 t/ha. La peau des tubercules était plus fine mais la chair plus ligneuse, ce qui a réduit la quantité de farine qu'on pouvait en tirer. Ces résultats mettent en évidence l'importance d'évaluer non seulement la tolérance ou la résistance aux maladies et la production de tubercules mais aussi la nécessité d'apprécier la quantité potentielle de produits de consommation avant d'introduire les cultivars sélectionnés.

The vegetative qualities of TMX 30395 and Nwugo cassava cultivars planted in November 1978 were observed, and the root and gari yields determined when the plants were 12 months old. TMX 30395 was free of any disease symptoms and produced a close canopy that completely covered the ground at a spacing of 1 × 1 m by the time the crop was 6–7 months old. Nwugo had less than 10% CBB infection and the canopy was not as close as that of TMX 30395. TMX 30395 yielded more roots than did Nwugo with calculated yield of 21.4 t/ha against 17.8 t/ha. It also had thinner peel but higher lignification than did Nwugo. The lignification of TMX 30395 ultimately lowered the amount of gari that could be produced from this cultivar. The result spotlights the importance of assessing not only the disease resistance or tolerance and root yield but also the extraction rate of the directly consumable product of cassava roots before cassava cultivars are considered suitable to be released for extension work.

On croit que la culture du manioc dans les régions côtières du Nigéria remonte aux environs de 1668 (Dapper 1668), mais elle a mis près de 3 siècles à prendre de l'importance et à se répandre dans le pays. Un programme d'amélioration a été mis sur pied en 1954 par le Service fédéral de la recherche agricole à la plantation Moor, avec les objectifs suivants :

- recueillir autant de cultivars locaux que possible ;
- introduire des cultivars étrangers prometteurs ;
- hybrider et effectuer des essais ;
- sélectionner des cultivars à rendement élevé contenant beaucoup de matière sèche et de fécule, à faible teneur en acide cyanhydrique, résistants ou tolérants à la maladie (à cette époque, le virus de la mosaïque) et de bonne sapidité.

On a bientôt pu constater que les cultivars réagissaient différemment aux diverses conditions écologiques des régions et que les préférences des consommateurs différaient également d'une partie du pays à l'autre, selon le milieu, les préparations culinaires et les coutumes alimentaires. C'est pourquoi l'on a divisé le pays en zones, chacune dotée d'une station centrale et de stations expérimentales. À chacune de ces dernières on a cultivé, afin de les observer et de les sélectionner, des collections de cultivars locaux ou étrangers ainsi que leurs hybrides. Des opérations identiques ont eu lieu aux stations centrales et à Umudike. Avant d'être mis en circulation aux fins de vulgarisation, les cultivars prometteurs ont dû subir des tests d'acceptabilité par les consommateurs.

Lors de l'installation du Groupe de recherches sur les plantes-racines à Umudike, en 1961, comme sous-station du Service fédéral de la recherche agricole, l'un de ses premiers objectifs a été de produire le plus promptement possible une série de cultivars à rendement élevé tolérants ou résistants à la maladie, et d'une saveur acceptable pour le consommateur (Ekandem 1962). Et comme le gari était devenu un important produit alimentaire, l'un des critères de sélection de ces cultivars destinés à être distribués a

été le taux d'extraction de cette substance (Service fédéral de la recherche agricole 1964).

Un cultivar local, Oloronto (53101) de la région d'Ibadan-Abeokuta, s'est signalé par son rendement et par son acceptabilité alimentaire : il a donc été recommandé pour la vulgarisation. Il a été utilisé également dans de nombreux croisements. En 1967, 60444, 60447 et 60506, tous les hybrides F, avec 53101 comme l'un des géniteurs ont été recommandés pour multiplication et distribution aux cultivateurs de toutes les régions du pays (Umanah, 1970).

Lorsque la brûlure bactérienne du manioc causée par le *Xanthomonas manihotis* a pris un caractère grave au Nigéria, en 1972, on a constaté que plusieurs cultivars, dont 53101, 60444 et 60447, étaient sensibles à l'infection et on les a donc retirés des essais de vulgarisation, ne conservant à cette fin dans l'État d'Anambra que 60506 et Nwugo, un cultivar local.

Contre les atteintes de BBM, les généticiens ont créé des hybrides, parmi lesquels la série TMX, qui a de la résistance, et on a commencé à s'en servir dans les travaux de vulgarisation. On doit louer cette promptitude à réagir, d'autant plus que, depuis 3 ans, la survivance du manioc est menacée dans certaines parties du pays par la cochenille et par la teigne. Il ne faut cependant pas perdre de vue, en s'efforçant de sélectionner dans le sens d'une meilleure résistance aux maladies et aux insectes, qu'un des objectifs poursuivis est également l'obtention d'un produit qui plaise au consommateur.

C'est pourquoi mes collègues et moi avons entrepris à Nsukka d'étudier la qualité et l'acceptabilité par le consommateur des nouveaux hybrides prometteurs produits par l'IITA et à Umudike. Une première étude a porté sur TMX 30395 et sur Nwugo qui avaient été plantés au hasard, en novembre 1978. Pendant ses 12 mois de végétation, TMX 30395 est resté indemne de tout symptôme d'infection ou d'infestation. À l'espacement de 1 × 1 m, il a également produit une voûte de feuillage qui recouvrait entièrement le sol, dès que la récolte eut atteint l'âge de 6 à 7 mois. Nwugo a exhibé des symptômes de mosaïque d'ordre secondaire et moins de 10 % d'infection de BBM. Son feuillage n'a pas entièrement recouvert le sol.

Les plantes ont été récoltées à l'âge de 12 mois et l'on a pesé les racines fraîchement extraites. TMX 30395 a fourni un rendement moyen de 213, 5 kg (2,14 kg/par plant) c'est-à-dire nettement plus que Nwugo (176,7 kg ou 1,77 kg par plant), avec probabilité de l'ordre de 1 %.

On a prélevé pour chaque cultivar des échantillons de 100 kg, chacun en triple exemplaire, que l'on a transformés en gari. TMX 30395 avait une peau plus mince, était plus ligneux et son rendement en gari a été moindre qualitativement et quantitativement que celui de Nwugo (Tableau 1). Ce rendement, dans le cas de Nwugo, a dépassé 1 t/ha.

Des 21,35 t/ha de TMX 30395, on a obtenu 3,58 t/ha de gari alors que les 17,67 t/ha de Nwugo en ont produit 4,86 t/ha. La qualité du gari de Nwugo reste cependant à déterminer.

Les racines épluchées de Nwugo, après avoir été exposées plus de 3 heures, ont pris une teinte foncée, ce qui pourrait nuire à la couleur du gari lorsqu'on n'y ajoute pas d'huile de palme.

L'intérêt global dont le manioc a été l'objet depuis les deux dernières décennies a provoqué l'élargissement de la réserve de gènes offerte aux sélectionneurs. Mais même lorsqu'on aura sélectionné parmi tout le matériel génétique disponible des hybrides à rendement élevé, tolérants ou résistants, tout programme intégré d'amélioration du manioc devra tenir compte de l'acceptabilité par le consommateur comme d'un facteur essentiel. Tout hybride ou cultivar qui ne répondrait pas à cette exigence ne devrait être retenu qu'en cas de nécessité absolue, et alors de façon prudente et sélective.

Tableau 1. Taux d'extraction de gari lors du traitement de 100 kg d'échantillons de racines provenant de TMX 30395 et Nwugo âgés de 12 mois.

Cultivar	Poids en racines épluchées (kg)	Epluchures (% du total)	Poids en racines râpées (kg)	Poids en farine tamisée (kg)	Déchet (% du total)	Poids en gari à 12 % d'humidité (kg)
TMX 30395	64,5	35,5	56,4	41,6	26,2	17,7
	63,3	36,7	55,0	38,2	30,5	15,9
	64,0	36,0	55,0	38,5	30,0	16,6
Moyenne	63,9	36,1	55,5	39,4	28,9	16,7
Nwugo	54,0	46,0	52,1	38,6	25,9	27,0
	54,0	46,0	51,7	38,6	25,3	27,3
	55,8	44,2	53,0	39,4	25,7	28,3
Moyenne	54,6	45,4	52,3	38,9	25,6	27,5

L'on doit éviter toute répétition de la situation qui s'est produite vers le milieu des années 1950, quand ont presque échoué les efforts en vue d'épargner à l'Afrique occidentale la dévastation des cultures de maïs par la rouille américaine (*Puccinia polysora*). L'invasion de cette maladie en Afrique occidentale en 1949 a suscité, à l'époque, l'introduction extensive de variétés de maïs résistantes, à grain dur et vitreux. Ce grain est mal accepté des consommateurs dans certaines régions du Nigéria. La majorité des cultivateurs continuent d'utiliser des variétés locales sur lesquelles, heureusement, on a pratiqué une hybridation introgressive notable. La perspective de modifications aussi favorables dans le cas du manioc est extrêmement lointaine.

La sélection du manioc résistant aux maladies et aux insectes, au Zaïre

T.P. Singh

Institut international d'agriculture tropicale/Association internationale de développement, Programme national manioc (pronam), M'vuazi (Zaïre)

Au Zaïre, les trois principales maladies qui s'attaquent au manioc sont la mosaïque, la brûlure bactérienne et l'anthracnose. Mais tout récemment, les cochenilles et les teignes sont venues ravager les récoltes. La rabougrissement observé depuis 1978 à M'vuazi s'étend à d'autres variétés et la cause de la maladie est encore inconnue. Une méthode de sélection du matériel génétique a été mise au point en fonction de l'apparition séquentielle des maladies et des ennemis du manioc en prenant en compte les facteurs favorisant leur développement. Ce procédé a permis d'identifier des clones tolérants aux maladies. On étudie également plusieurs variétés moins affectées par les cochenilles afin de confirmer ces résultats. Mais la résistance semble très faible dans la population étudiée. Cependant, les chercheurs ont réussi l'hybridation de plants de manioc cultivés avec des plants sauvages possédant des gènes de résistance aux cochenilles.

Cassava in Zaire is attacked by three major diseases, namely mosaic, bacterial blight, and anthracnose. Recently two pests, mealybug and green spider mite, have attained considerable importance in cassava production. Stem dieback observed in 1978 is now becoming important with some varieties at M'vuazi. The causal agent for the disease is not yet known. Keeping in mind the sequential appearance of the diseases and pests in cassava and the factors favouring their development, I developed a procedure for a thorough screening of the breeding material. The results obtained with this procedure allowed the identification of clones with tolerance to diseases. Some plants showing least damage by mealybug have been identified and are again being screened to confirm the results. Resistance to mealybug appears to be very low in the population tested. Success in artificial hybridization between wild cassava plants possessing genes for resistance and cultivated types has been obtained.

Au Zaïre, le manioc est sérieusement menacé par trois maladies importantes, qui sont : la brûlure bactérienne, la mosaïque et l'anthracnose. En outre, au moins deux insectes, la cochenille et la teigne ont pris une importance considérable parmi ses ennemis.

La brûlure bactérienne du manioc (BBM) a été signalée pour la première fois au Zaïre, en 1970, dans la région de Bandundu (Ezumah et Sebasigari, 1976). Depuis cette époque, elle s'est répandue dans tout le pays. La mosaïque affecte le manioc à des degrés divers dans tout le Zaïre, sans doute depuis qu'il y a été introduit. L'anthracnose se rencontre également dans toutes les régions mais avec une intensité particulière dans celle de Bandundu. Depuis deux ans, le dessèchement est apparu chez la plupart des variétés de manioc à M'vuazi. Normalement il ne se produit que sur les plants âgés et pendant la saison sèche. L'agent causatif n'a pas encore été découvert. Cette année, la maladie a pris de sérieuses proportions pour le matériel se trouvant à M'vuazi.

Des deux insectes nuisibles, la cochenille du manioc a d'abord été signalée à proximité de Kinshasa, en 1973, sans être très répandue encore, à cette époque. La situation s'est aggravée dès 1976 et a presque atteint le stade de menace à toute la production du manioc du Bas-Zaïre. Actuellement la maladie sévit par îlots dispersés dans la plupart des régions méridionales de la République. La teigne, dont on a d'abord relevé la présence au Kivu, provient sans doute de l'Ouganda et elle s'est aujourd'hui propagée à toutes les régions du Zaïre.

La raison principale de cette infestation rapide de maladies et d'insectes nuisibles au Zaïre est le transport incontrôlé de plants infectés d'un endroit à un autre par les commerçants et les cultivateurs.

Importance des maladies et des insectes

Les ennemis du manioc, notamment BBM, MM, CM et TM réduisent les rendements de la plante en

racines et en feuilles. Pour les racines, les pertes peuvent varier de 57 à 90 % dans le cas des variétés sensibles, chiffres qui ont été rapportés de différents endroits (Terry, 1978). Jennings (1970) signale une diminution moyenne de 50 % du rendement en tubercules dans les champs infectés par la mosaïque. Les pertes dues à la cochenille seraient de l'ordre de 54 à 85 % du rendement, selon l'âge des plants à l'époque de l'infestation (PRONAM, 1979).

Sous sa forme aiguë, BBM provoque la chute des feuilles et le dessèchement et affecte gravement la production des feuilles de manioc durant la saison des pluies. Au Zaïre, les «brèdes» constituent une source de protéine. En outre, l'apparition de la cochenille et de la teigne durant la saison sèche restreint le développement des pousses terminales et réduit encore d'autant la production de feuilles.

Les maladies et les insectes, causes de ces pertes de rendement en racines et en feuilles, se succèdent à différents stades de végétation de la plante. Bien que l'on ait observé de la mosaïque au début même de la croissance du manioc, c'est généralement la brûlure qui se manifeste la première (en février-mars), suivie de la mosaïque dont les manifestations atteignent leur plus haut point en mai-juin. L'anthracnose apparaît normalement en juin-juillet, lorsque les plants ont de 6 à 7 mois, et continue de se répandre pendant la saison sèche. Cette dernière favorise également l'infestation par les insectes. L'attaque des teignes se produit peu après le début de la saison sèche (juin-juillet), lorsque le temps est relativement frais (18–22 °C) à M'vuazi. Plus tard, en août, lorsque la chaleur augmente, l'infestation des cochenilles débute et se poursuit jusqu'au commencement de la saison des pluies, en octobre.

Gardant à l'esprit l'apparition séquentielle de ces ennemis pendant toute la croissance du manioc et les avantages de la multiplication par voie végétative, j'ai mis au point une méthode de sélection complète des semis de manioc, permettant de reconnaître les plants offrant une résistance aux trois maladies les plus importantes et à la cochenille (Singh, 1979).

Le procédé consiste à semer la plante à la fin d'octobre, au début de la saison des pluies. L'inoculation des semis âgés d'un à deux mois s'effectue en décembre à l'aide d'une seringue ou par la méthode Tong (Pacumbaba, 1979). Les premiers symptômes apparaissent après 3 ou 4 semaines, mais le flétrissement des feuilles et le dessèchement ne surviennent que plus tard. C'est pourquoi la sélection finale en fonction de la BBM n'a lieu qu'en mars. Les plants sensibles sont éliminés et, en avril, les autres sont écimés pour provoquer une repousse. Les symptômes deviennent alors clairement manifestes. On n'élimine ensuite que les plants ayant de sérieuses déformations des feuilles. Ceux qui restent sont alors sélectionnés contre l'anthracnose dans des conditions normales d'infestation. À mesure que les plants vieillissent, des chancres apparaissent sur les tiges de ceux qui sont sensibles à la maladie, et les feuilles tombent. Le classement pour la résistance à l'anthracnose s'effectue à l'époque de la récolte, en même temps que la sélection finale des plants.

Pour la sélection contre la cochenille, on prélève des boutures sur les plants écimés et on les plante séparément en pépinière en veillant à préserver l'identité de la famille. Les boutures mises en terre à la fin d'avril ont un mois de saison pluvieuse pour bourgeonner et pousser. La saison sèche qui suit ralentit leur développement et les rend ainsi particulièrement sensibles aux infestations. En août, on infecte artificiellement les plants en laissant un rameau infesté de cochenille sur l'extrémité en croissance de chaque plant en pépinière. Les insectes gagnent cette extrémité et y développent une colonie. La sélection contre leurs attaques a lieu à la fin de septembre ou au début d'octobre, avant la saison des pluies. Les cotes attribuées contre la cochenille vont de 1 à 5 (PRONAM, 1977).

Sélection contre les maladies

Des 13 970 plants inoculés artificiellement avec la BBM, 7 392 ont succombé à la maladie et ils ont donc été éliminés. Les survivants montraient quelques symptômes, mais sans dessèchement et on les a écimés pour la sélection contre la mosaïque ; certains n'ont pas résisté à l'opération et ont péri. En effectuant le classement, par la suite, pour la résistance à la mosaïque, on a constaté que très peu de plants étaient cotés 4 et 5, la majorité étant de 1 à 3. Ces derniers ont été retenus pour la sélection contre l'anthracnose. L'évaluation ultérieure de cette dernière s'est faite dans des conditions d'infestation normales et l'ensemble des plants a révélé des variations considérables : une forte proportion a mérité la cote 1 et 4 (1 208 et 1 427 respectivement), alors que 207, 319, et 327 atteignaient respectivement les cotes, 2, 3 et 5. La sélection contre l'anthracnose s'étant effectuée dans des conditions d'infestation naturelle, il se peut que les plants classés 1 ne soient pas tous résistants et les résultats devront donc être confirmés. La cote 4 pour 1 427 plants ne correspond pas nécessairement à de très sérieux dommages parce qu'elle a été appliquée même à des plants ne portant des chancres que sur le tiers supérieur et sans gravité particulière.

Après ce tri, les plants séparés, de bonne vigueur apparente, reconnus tolérants à l'égard des trois maladies et possédant un bon système radiculaire ont été sélectionnés pour l'évaluation subséquente ; 438 clones obtenus des plants individuellement choisis dans la pépinière ont été sélectionnés, en 1980, contre les trois maladies (Tableau 1).

Tableau 1. Cotes obtenues par des plants de 3 et 6 mois dans les pépinières de clones, contre la BBM, la MM et l'AM.

Maladie	Cote contre la maladie[a]				
	1	2	3	4	5
	Plants, pépinière I				
Brûlure bactérienne	45	129	41	3	0
Mosaïque	47	76	88	8	0
	(46)	(55)	(99)	(19)	(0)
Anthracnose	156	1	32	29	1
	(127)	(4)	(46)	(39)	(3)
	Plants, pépinière II				
Brûlure bactérienne	83	71	37	21	7
Mosaïque	31	55	64	50	19
Anthracnose	202	13	4	0	0

a) Entre parenthèses, les cotes pour les plants de 6 mois.

Un majorité des sélections effectuées dans la pépinière des jeunes semis s'est révélée efficace contre la BBM et l'AM. Pour la MM, d'autre part, les sélections ont réagi très différemment et bon nombre des plants n'ont mérité que la cote 4 ou 5. Cette constatation témoigne de l'influence des symptômes de la mosaïque ; en d'autres termes, le caractère n'est que très faiblement héréditaire.

Sélection contre les insectes

La pépinière de sélection contre la cochenille établie en avril 1979, a été infestée artificiellement en août et le classement des plants s'est effectué en octobre avant la saison des pluies. Les cotes individuelles ont été respectivement de 1 pour 42 plants, et de 2 pour 1 939, tandis que 1 906, 1 850 et 757 plants respectivement ont mérité des cotes de 3, 4 et 5.

Il est clair que la résistance à la cochenille est très rare. Seulement 0,07 % des plants sont demeurés indemnes. La sélection s'effectuait d'après le degré d'infestation et de dégâts aux plants individuels. Ceux qui ont été sélectionnés (123) provenaient de 85 familles. Deux de ces dernières : TMS 3055 × P2 et NR 7718 comprenaient respectivement 7 des 56 et 5 des 13 plants présentant le moins de dommages, alors que les autres familles n'en comptaient que 1 ou 2. Cinq boutures de chacun des plants sélectionnés ont été plantées en avril 1980 pour être réinfestées afin de confirmer leur degré de résistance. Chaque plant de ces clones a été infesté et on en fera le classement en octobre pour obtenir une évaluation mieux fondée.

Outre la recherche sur la résistance du manioc cultivé, on a instauré un programme de croisements, qui permettrait d'introduire le ou les gènes de résistance à la cochenille du manioc sauvage à des variétés adaptées. Il est à signaler qu'il n'est pas possible d'obtenir des clones du manioc sauvage à l'aide de boutures.

Une pépinière de clones de 1 460 lignées a été sélectionnée pour la résistance aux infestations de la teigne. Les résultats indiquent que 51 et 221 clones, respectivement, ont été cotés 1 et 2, tandis que 538, 348 et 301 étaient cotés 3, 4 et 5. Ces chiffres indiquent que la résistance à la TM peut être plus élevée que celle à la cochenille (PRONAM, 1979).

Les résultats de la sélection obtenus à ce jour, montrent qu'il est possible d'obtenir des clones ayant une résistance combinée raisonnable aux trois maladies et aux insectes tout en présentant un potentiel de rendement satisfaisant.

La sélection du manioc pour la résistance à la bactériose au Congo

Joseph Mabanza

Centre de recherche agronomique de Loudima (Brazzaville), République populaire du Congo

Bref aperçu des travaux de sélection réalisés dans le cadre du programme d'amélioration du manioc de la République populaire du Congo. La recherche s'attache surtout à la brûlure bactérienne, à l'anthracnose et aux cochenilles. Les expériences sont effectuées sur une collection vivante de manioc dont un noyau solide a déjà été formé. L'étude des caractères de 100 cultivars locaux est déjà terminée. La sélection pour la résistance aux trois principales «plaies» commencée il y a 4 ans donne déjà des résultats encourageants. Mais l'avancement des travaux est ralenti par le manque de fonds, de personnel qualifié et d'équipement.

A brief overview of the screening work in the cassava improvement program in the People's Republic of Congo is provided. Major emphases of the program are bacterial blight, anthracnose, and mealybug. The base for such work is a living collection of cassava, the nucleus of which has now been established. To date 100 local cultivars have also been characterized. Screening for resistance to the three "plagues" has been under way for 4 years, and some preliminary results are encouraging. Shortages of funds, qualified personnel, and equipment have hindered the program.

L'axe principal du programme d'amélioration de la production du manioc au Congo est la sélection en vue de l'obtention de variétés résistantes à la bactériose et aux autres ennemis inféodés à cette culture. Cependant, nous recherchons parallèlement des variétés qui ont une souplesse d'adaptation à divers milieux écologiques, des variétés adaptées à la culture moderne des fermes d'État, ou à la culture paysanne telle qu'elle se pratique ; ensuite, pour une étape ultérieure, nous passons à la recherche des variétés à haute valeur nutritive.

Trois fléaux ravagent le manioc : la bactériose, l'anthracnose et la cochenille. La gravité de leurs attaques a même déjà conduit à un moment à une pénurie de la population en manioc. Il faut surtout noter que la répartition géographique est différente suivant la maladie. En effet, dans la zone forestière, il y a souvent moins de bactériose et moins de cochenille ; dans la zone des savanes, à moins de 1 200 mm de pluie, il y a moins de bactériose et beaucoup de cochenilles (car la saison sèche dure parfois plus de cinq mois) ; dans la zone des savanes, à plus de 1 500 mm de pluie, la bactériose et l'anthracnose sont parfaitement jumelées et abondantes. L'organisation du programme de sélection a dû donc tenir compte de ce fait. Cette diversité écologique des attaques nous a conduits à établir deux points de sélection : celui de Maléla à Loudima qui est le principal et celui de Mbé au nord de Brazzaville.

Le matériel végétal

Le problème du matériel végétal s'est posé au départ. Avant d'entreprendre tout travail de sélection, il faut disposer d'une certaine gamme de matériel végétal. Il nous a paru plutôt intéressant et même judicieux de connaître nos propres cultivars, tout en pensant à introduire des variétés étrangères. Pour ce faire, nous avons fait des prospections à travers certaines régions du pays. Les collectes des cultivars locaux effectuées ont permis de mettre en place une collection vivante de manioc. Compte tenu de la manifestation beaucoup plus agressive de la bactériose dans la zone de Mbé, nous avons jugé bon de garder à Mbé même les collectes effectuées dans cette zone, plutôt que de les ramener à Loudima, ce qui a justifié en outre la création de ce deuxième point de sélection.

La travail primordial effectué sur ce matériel végétal a été la caractérisation des cultivars locaux (description, mensurations, etc. . . ,). Nous disposons maintenant d'une collection vivante de 100 cultivars locaux caractérisés. Ce nombre sera sans doute beaucoup supérieur au moment où les pros-

pections atteindront toutes les zones du pays, car la situation géographique du Congo fait de sorte qu'il y a eu pénétration de beaucoup de cultivars des pays voisins qui sont eux aussi des pays consommateurs de manioc, pénétration réalisée par l'intermédiaire des populations frontalières.

Des variétés de manioc avaient été introduites sous forme de bouture avant que le programme d'amélioration ne soit mis sur pied. Il s'agit des variétés du Togo comme « Kataoli », des variétés de Madagascar comme « H54 » et quelques variétés du Zaïre, qui font aussi partie de notre collection vivante de manioc.

Dans le cadre de notre programme, nous avons introduit des génotypes améliorés de l'IITA. Depuis novembre 1976, nous avons entrepris la sélection au sein de la population des clones que nous avons créés avec les semis des génotypes de l'IITA, à Loudima, pour l'obtention de variétés résistantes à la bactériose, à la sécheresse et aux attaques de cochenilles, et à Mbé, pour la résistance à la bactériose et ayant un bon comportement vis-à-vis de l'anthracnose.

Le criblage

Le criblage en fonction des maladies et attaques importantes a été réalisé pendant 4 ans. Des essais comparatifs de variétés ont été effectués dans divers endroits. Ce travail nous a donné des renseignements intéressants sur quelques cultivars qui se sont révélés possédant d'assez hautes potentialités productives et ayant un bon comportement vis-à-vis de la bactériose. Les clones de l'IITA commencent également à donner de bons résultats. Nous pouvons citer à cet effet les MA 34, MA 66, MA 433, MA 255 à Loudima et MB 17 à Mbé. Nous devons toutefois souligner que ces résultats ont été obtenus après un criblage fait à partir d'une pression négative des maladies ; c'est dire que nous avons affaire ici à une infestation naturelle des parcelles dans les conditions écologiques de chaque point de sélection.

L'appréciation des attaques a été faite en observant les symptômes des maladies respectives reportés sur une échelle allant de 0 à 5, 0 signifiant aucun symptôme visible et 5, attaque sévère. Les observations ont été faites à des époques différentes relatives aux périodes d'attaque critique des fléaux respectifs. Ainsi, pour la bactériose ou l'anthracnose, entre le mois de mars et le mois de mai à Loudima, ce qui correspond à 5 et 8 mois d'âge de la culture ; pour la mosaïque, surtout à 3 mois d'âge de la plantation, car on peut observer un peu plus tard un phénomène de régression de la maladie et pour la cochenille, en septembre, le manioc ayant à cette époque 10 ou 11 mois.

Les difficultés

Elles ont été nombreuses, surtout parce qu'il s'agissait du démarrage d'un programme au sein d'une recherche jeune. Les prospections pour la collecte des cultivars locaux ont été faibles et, par conséquent, beaucoup de régions restent encore à examiner. Nous devons toutefois dire que notre projet de collecte de matériel végétal local a eu l'assentiment de l'ACCT (Agence de coopération culturelle et technique) qui a bien voulu accepter de financer une expédition à travers le pays, afin de constituer à Loudima une base de ressources génétiques de manioc pour l'Afrique centrale. La reproduction annuelle de la collection, l'entretien des essais et des collections, et la maintenance de deux ou plusieurs antennes demandent un appui financier suffisant, un équipement adéquat et du personnel technique assez averti. Cela a souvent fait défaut au cours de notre travail. Nous devons noter que le CRDI (Centre de recherches pour le développement international) a consenti à appuyer cette action.

Conclusion

Comme nous venons de le voir, le programme d'amélioration du manioc au Congo est encore à ses débuts. Les variétés mentionnées dans ce rapport ne le sont qu'à titre indicatif car il est encore trop tôt pour juger de leurs potentialités véritables. Nous souhaitons donc que ce programme puisse bénéficier d'une attention toujours soutenue de la part du gouvernement et des organismes internationaux pour qu'il aboutisse à de meilleurs résultats.

CARACTÈRES DIVERS DU MANIOC À CHAIR JAUNE

K.A. ODURO

DÉPARTEMENT DES CULTURES VIVRIÈRES, UNIVERSITÉ DU GHANA, LEGON, ACCRA (GHANA)

Les Akans donnent plusieurs noms différents au manioc à chair jaune qu'ils cultivent au Ghana. Ce sont les racines fraîches et bouillies qui prennent cette couleur jaune. *Bankye Borode* (BB) entre dans la préparation du fou-fou à qui il donne cette teinte obtenue seulement par le broyage de plantains beaucoup plus coûteux. La farine jaune provenant de ce type de manioc est tellement populaire que certains meuniers vont jusqu'à ajouter de l'huile de palme à du manioc blanc ou griller du manioc blanc pour lui donner cette couleur. Le clone de manioc BB-1 (UST 12-8) apparemment exempt de mosaïque, provient de sélections de l'IITA, 1976 TMS 30572 plantées à Kumasi en août 1977 (zone forestière). Cette variété était colorée et elle donnait une bonne qualité de fou-fou. Cependant lorsque ce clone a été introduit pour la première fois à Legon, Accra (zone côtière de savanes) en mars 1979, la qualité de fou-fou obtenue a été médiocre, effet de l'environnement sur le manioc. Mais on a pu observer une augmentation constante de la pigmentation dans les racines. Il est possible que le manioc coloré ait une teneur en vitamine A et calcium plus élevée que le manioc blanc. On a pu obtenir des plantes saines et exemptes de mosaïque chez quelques individus du clone BB-1. En août, on a réussi une collection de cinq clones locaux encore plus colorés dans différentes parties du Ghana qui seront étudiés en fonction de l'influence du milieu sur la qualité du manioc, de la valeur nutritionnelle du manioc coloré et de la nature et du mode de concentration des pigments.

Cultivated cassava with yellow-pigmented root flesh is called by different names by the Akans of Ghana. It has long been among selected cassava varieties in Ghana. The flesh is yellow when fresh and boiled. *Bankye Borode* (BB) is used in preparation of *fufu* and imparts the desired yellowish colour that is otherwise provided by the more expensive plantain. Yellow gari prepared from this type of cassava is so popular that some gari-makers imitate it by either adding palm oil to gari from white cassava or by scorching white cassava. Cassava clone BB-1 (UST 12-8) that was apparently mosaic-free was obtained from one of the IITA selections, 1976 TMS 30572, planted in Kumasi (forest zone) in August 1977. It was pigmented, and the quality of *fufu* prepared from it was good. However, when the same clone was planted for the first time in Legon, Accra (coastal savanna zone), in March 1979 the *fufu* quality was poor, indicating an effect of environment on the cassava. Accumulation of the pigment in the roots was observed to increase with time. It is likely that the pigmented cassava has higher vitamin A and calcium contents than does the white one. Mosaic-free and clean stakes were produced from some individual stakes of the clone BB-1. Besides BB-1, five more pigmented local clones have been collected from different parts of Ghana for studies that will include the effect of environment on the quality of cassava, the nutritional value of pigmented cassava, and the nature and mode of accumulation of the pigments.

Le manioc à chair jaune cultivé, porte différents noms chez les Akans du Ghana qui forment la plus grande partie de la population. Citons entre autres : *Bankye Borode*, littéralement manioc-plantain, du fait qu'il est d'une couleur rappelant celle de la partie comestible du plantanier ; *Bankye Kokoo*, qui signifie manioc rouge ou jaune à cause de la pigmentation ; *Bankye Nkani*, signifiant manioc igname jaune, parce que sa couleur ressemble à celle de *Dioscorea cayenensis* ; et *Bankye Nkamfo*, également parce que sa couleur ressemble à celle de *D. dumetorum*. Les Ewes, de leur côté, l'appellent *Agbeli Kani* et *Agbeli Dze*. Nous adopterons dans cet exposé le nom *Bankye Borode* (BB).

L'existence de tous ces noms, tant dans les dialectes que dans les collections locales de manioc de 1930 et 1960 (Doku, 1969) indiquent que le manioc à chair jaune est depuis longtemps au nombre des variétés cultivées au Ghana.

BB entre dans la préparation du *fufu* auquel il communique la couleur jaunâtre désirable ressemblant à celle du plantain. Actuellement, les Ghanéens préparent leur *fufu* en pilant un peu de plantain, plus coûteux, avec une quantité plus considé-

rable de manioc blanc relativement bon marché. Le manioc facilite le broyage, augmente la masse tout en lui conservant la coloration jaune caractéristique du *fufu*. BB représente donc un succédané bon marché du plantain. Cette propriété le rend très populaire dans les restaurants ou « chopbars » qui servent le *fufu* au plantain. À défaut de BB, certains restaurants tentent d'obtenir les mêmes résultats soit en ajoutant de l'huile de palme lors du pilage du manioc blanc ou en utilisant du manioc en partie fermenté.

BB est également populaire chez de nombreux Ghanéens, et même chez les Akans qui ont préféré le taro et le plantain et qui n'appréciaient pas le manioc sous forme du *fufu* et d'*ampesi* (Doku, 1969). Ces gens préfèrent toujours ajouter un peu de plantain à leur *fufu* pour lui donner de la couleur. Certains accordent même tant d'importance à ce facteur qu'à défaut de BB et de plantain, ils cuisent le manioc blanc avec des feuilles du « buisson de Noël », *Alchonea cordifolia* (Akan : *Ogyamma*) pour lui donner une teinte jaune (S.O. Mensah, communication personnelle).

Le gari est un autre produit du manioc dans lequel BB joue un rôle important. Certains Ghanéens sont si friands de gari jaune préparé à l'aide du manioc pigmenté, que les fabricants de gari en produisent une imitation en faisant frire du manioc blanc dans une grande quantité d'huile de palme ou, parfois, en rôtissant du manioc blanc.

Malgré son importance au Ghana, la documentation existante n'accorde que peu de place au BB, bien que l'on en mentionne le nom. La nature du pigment et son mode de concentration, ainsi que sa valeur nutritive sont encore inconnus. Ma tâche est de tenter de combler cette lacune.

Matériels et méthodes

Des boutures d'un clone de manioc à chair jaune, plantées originairement à Kumasi en juillet 1977 et provenant d'une semence, ont été mises en terre dans le jardin du Département des cultures vivrières, à Legon, Accra, en mars 1979. Ce clone (UST 12-8) appartenait à la famille TMS 30572 de 1976 de l'IITA et était l'unique BB présent parmi les 223 plants représentant 31 familles, qui avaient survécu aux douze mois de la saison de végétation à Kumasi. Ses feuilles étaient intactes, indice possible de résistance à la fois à la mosaïque et à la brûlure bactérienne du manioc (Oduro et Asare, 1978). Le clone, maintenant appelé BB-1, pour *Bankye Borode* n° 1, a été planté à Legon d'une part, pour le multiplier et d'autre part, pour pratiquer certaines observations initiales sur la permanence de sa résistance à BBM et à MM, sur son rendement, la qualité du *fufu*, et le mode de concentration de la pigmentation.

Outre BB-1, on a également réuni certains clones locaux à chair jaune provenant de divers endroits du Ghana et plantés à Kwabenya, près de Legon, aux fins de multiplication et d'observations préliminaires semblables. Il s'agit du BB-2, obtenu du musée du manioc du professeur E.V. Doku, à Legon, et qui avait d'abord été recueilli à Mampong, dans la région Ashanti, sous le nom de *Bankye Kokoo* ; BB-3 vient de Chiraa, dans la région de Brong Ahafo ; BB-4 provient de Batabi, dans la région orientale ; BB-5, de Bieni dans la région orientale ; et BB-6, de Asuboa, dans la région orientale (appelé par certains *Bankye Nkani*).

Résultats et discussion

La progression de MM a semblé entravée chez le BB-1. Lors de la plantation de 47 boutures du clone dans le jardin de Legon, en mars 1979, 19 ont produit des tiges ayant des symptômes de mosaïque à partir, environ, du 3e jusqu'au 12e mois. Le nombre de tiges émises par chacune des 19 était de 1 à 5, et lorsqu'il y en avait plusieurs, au moins une était malade (Tableau 1).

Cette observation soulève une interrogation concernant le caractère systématique de MM, quelle que soit l'origine de l'inoculum, mais d'autres recherches s'imposent avant qu'on puisse en tirer des conclusions significatives.

Durant la saison sèche (décembre 1979), on a pu observer le début d'une attaque de cochenilles sur les plants (BB-1) du jardin de Legon, provoquant une chute des feuilles et leur donnant une teinte fuligineuse. D'autres variétés de manioc et certaines fèves cultivées dans le jardin présentaient la même infestation ; cependant, on n'a pas observé de cochenille lorsque BB-1 a été planté pour la première fois à Kumasi. La concentration des pigments jaunes dans les racines a semblé croître avec le temps. Lors de la récolte, des plants de BB-1 âgés de six mois ont présenté des traces de pigments, tandis que d'autres récoltés à 12 mois avaient une pigmentation intense. Des études plus détaillées sur la nature des pigments et leur mode de concentration semblent s'imposer.

L'environnement a paru influencer la qualité des produits des racines de manioc, tel que la fécule. Lorsqu'on a planté BB-1 à Kumasi (zone forestière) en août 1977, le *fufu* obtenu était caoutchouteux. Mais avec le même clone planté pour la première fois à Legon (zone de savane côtière) en mars 1979, les racines bouillies étaient dures et pâteuses, le *fufu* n'avait pas d'élasticité et était donc de piètre qualité. Peut-être cette qualité s'améliorera-t-elle lorsque le clone se sera adapté à un milieu de savane. D'autres recherches s'imposent et elles devront comprendre tous les clones dont on dispose, et qui devront être

Tableau 1. Fréquence de la mosaïque et de tiges indemnes obtenue de certaines boutures séparées du clone de manioc BB-1.[a]

Tiges par bouture	N. de boutures	Boutures malades	Boutures malades avec : 1 tige malade	2 tiges malades	3 tiges malades
1	7	2	2	–	–
2	16	7	6	1	–
3	16	7	3	2	2
4	6	2	2	–	–
5	2	1	1	–	–

a) BB-1, pour *Bankye Borode*, sélection n° 1, est le nouveau nom de UST 12-8 provenant de la semence TMS 30572 de l'IITA. Des boutures indemnes ont été recueillies à Kumasi et plantées à Legon en 1979. Les données relevées l'ont été entre 3 et 12 mois, environ.

plantés simultanément dans les zones forestières et de savane.

Le manioc à chair jaune se révélera sans doute plus nutritif que le blanc. Bien que je ne me sois pas attardé sur ce point dans cette étude préliminaire, certaines constatations venant d'ailleurs laissent entendre que BB est riche en calcium et en vitamine A (Jones, 1959). D'après des informations du Togo, le gari jaune contiendrait 83 mg de calcium comparativement à 46 mg, environ, pour le manioc blanc (Jones 1959). Toutefois on ne précise pas si la couleur jaune du gari vient des pigments naturels du manioc ou s'il avait été artificiellement coloré. Des informations fournies par la FAO révèlent également que si les patates douces de variétés blanches, jaune pâle et jaune foncé comptaient, respectivement, 80, 500 et 7 000 Unités internationales (UI) de vitamine A, le manioc n'en présentait que des traces. Le type de manioc dont il s'agissait n'est pas mentionné et il est possible que la teneur en vitamine A aurait été supérieure dans le cas d'une variété à chair jaune. Puisqu'il existe des variétés de patates douces blanches et jaunes, il serait normal que le manioc soit dans la même situation. En fait, on trouve même deux teintes de jaune chez le manioc.

Lors d'un sondage auprès de plus de 100 personnes sur le BB, l'une d'elles a rapporté que chaque fois que sa mère en consommait, en particulier sous forme d'*ampesi*, elle souffrait de diarrhée. On fait parfois le même reproche au manioc blanc ou au taro consommés comme *fufu*. On doit tenir compte de ces observations isolées, et d'autres études devraient se poursuivre sur tous les clones disponibles de manioc à chair jaune.

LE MANIOC : ÉCOLOGIE, MALADIES ET PRODUCTIVITÉ : STRATÉGIE DE RECHERCHES

E.R. TERRY

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE

Revue des facteurs agro-écologiques de la ceinture du manioc d'Afrique, particulièrement ceux qui se rapportent au climat. L'étude des effets directs du climat sur la gravité des maladies du manioc et la survie des pathogènes est rapportée dans cette communication illustrée par des exemples tirés de l'expérience de la brûlure bactérienne en Afrique. Il est proposé des stratégies de recherche sur la pathologie du manioc, centrée sur l'écologie des pathogènes et sur les autres facteurs qui limitent la productivité du manioc en Afrique.

Agroecological factors with special reference to climate in the African cassava belt are reviewed. The direct effects of climate on the severity of cassava diseases and the survival of cassava pathogens are examined, examples being taken from the experience of cassava bacterial blight in Africa. A proposal for future research strategies in cassava pathology focusing on the ecology of cassava pathogens and other factors limiting cassava productivity in Africa is presented.

Toutes les grandes épidémies ont en commun un caractère important : elles sont le produit de l'union intime d'un végétal et d'un agent pathogène dont la rencontre fait suite à une séparation de nature génétique, temporelle, spatiale, géographique ou climatique. (Buddenhagen, 1977). En Afrique, le type d'épidémie du manioc que l'on rencontre est généralement décrit comme une maladie de nouvelle confrontation, et celle-ci peut se subdiviser en trois catégories : l'une qui résulte de l'introduction du manioc dans une nouvelle région, une autre qui est due à l'invasion de pathogènes du manioc dans une région grande productrice, et une troisième qui se produit lors de l'introduction, séparément, du manioc et de ses pathogènes, la plante étant généralement introduite la première.

Des informations en provenance des Amériques (CIAT, 1980) montrent que lorsqu'on évalue des génotypes de manioc locaux, régionaux ou nouveaux pour leur productivité dans différentes conditions agro-écologiques, on constate des interactions bien nettes entre cultivars, conditions biotiques et écosystèmes. D'autre part, des informations du Nigéria (Hahn, S.K., communication personnelle) ont rapporté des variations significatives de rendements pour deux variétés améliorées dans des environnements très différents par l'abondance des précipitations, la fertilité du sol et la fréquence et la gravité des maladies (Tableau 1).

LA ZONE DE MANIOC AFRICAINE

Le manioc est une plante à jour court dont la répartition en Afrique se limite principalement aux régions situées entre les latitudes 15° N et 15° S (Jennings, 1970). L'étendue qu'il couvre est limitée géographiquement moins, sans doute, par la température que par la pluviosité et sa culture se borne en gros, quoique de façon imprécise, aux régions où les précipitations annuelles moyennes dépassent 750 mm (Jones, 1959).

Au point de vue régional, certains caractères écologiques très nets distinguent les régions principales de la zone du manioc. C'est ainsi que l'on peut subdiviser celle-ci, d'après la répartition des pluies et des variations de température, en régions tropicales humides et en régions tropicales humides et sèches.

RÉGIONS TROPICALES HUMIDES

La région tropicale humide typique couvre une zone s'étendant de 0° à 5–10° de part et d'autre de l'équateur. Elle se distingue par d'abondantes précipitations durant la majeure partie de l'année, atteignant généralement 200 à plus de 300 cm.

Les températures sont uniformément élevées, avec des moyennes annuelles de 25 à 27 °C et peu de

Tableau 1. Rendement du manioc et sa réaction à BBM et MM à quatre endroits du Nigéria.[a]

Variété	Endroit et précipitations (mm)	1977			1978			1979		
		Rendement (kg/plant)	BBM	MM	Rendement (kg/plant)	BMM	MM	Rendement (kg/plant)	BBM	MM
TMS 30572	Ibadan ; 1270	1,49	1,5	1,8	1,69	1,4	2,4	1,69	1,5	2,3
TMS 30572	Onne ; 2500	2,42	2,5	1,0	1,75	1,0	1,4	1,39	1,5	1,1
TMS 30572	Warri ; 2600	0,48	1,5	1,0	0,77	1,0	1,7	–	–	–
TMS 30572	Mokwa ; 1100	1,73	1,0	1,0	–	–	–	1,18	1,0	1,1
TMS 30572	Ibadan ; 1270	1,09	1,5	1,9	1,54	1,5	2,5	2,41	2,0	2,5
TMS 30555	Onne ; 2500	1,78	3,0	1,8	0,92	1,0	1,8	1,11	1,3	1,5
TMS 30555	Warri ; 2600	0,45	1,0	1,0	0,70	1,0	3,0	–	–	–
TMS 30555	Mokawa ; 1100	1,41	1,0	1,4	–	–	–	0,74	1,0	1,5
TMS 30555										

a) Les cotes pour BBM et MM sont fonction de leur gravité. progression de 1 à 5.

variations saisonnières. Les températures maximales et minimales mensuelles moyennes sont, repectivement, d'environ 31 °C et 25 °C et la différence entre les mois les plus chauds et les plus frais est, en règle générale, inférieure à 5 °C (Brook, 1979).

Les climats tropicaux humides peuvent encore se subdiviser, d'après la répartition de leurs précipitations saisonnières, entre une zone équatoriale où les pluies abondantes sont relativement bien réparties tout au long de l'année, et la zone à mousson, où elles sont également abondantes mais qui connaît d'habitude une brève saison sèche de deux mois, au plus.

Régions tropicales humides et sèches

Les régions tropicales à climat humide et sec se situent entre 5 à 10° et 15 à 25° de latitude de part et d'autre de l'équateur. Cette zone climatique connaît des précipitations généralement moins abondantes que les régions tropicales humides, et les pluies sont plus saisonnières avec périodes nettement humides, et d'autres sèches. Les précipitations totales peuvent varier de 100 à 150 cm, avec une saison sèche d'une durée d'au moins 2 mois, se prolongeant à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur (Brook, 1979).

Bien que les caractéristiques de températures de cette zone soient très semblables à celles des tropiques humides, celles qui prédominent à 1 500 m d'altitude et au-delà sont généralement plus modérées. Dans les hautes terres tropicales humides et sèches, la température annuelle moyenne est d'environ 18 °C, et de 21 °C, environ pendant les mois les plus chauds.

Agro-écologie et brûlure bactérienne du manioc

L'importance économique à court et à long terme de la brûlure bactérienne du manioc, en particulier du fait des pertes de récoltes qu'elle entraîne et de son potentiel épidémique, est notoirement influencée par les fluctuations climatiques saisonnières, le degré de sensibilité des cultivars de manioc préférés, et l'origine de l'inoculum du *Xanthomonas manihotis* (Terry, 1977). La phase la plus importante d'une épidémie de BBM résulte de la plantation de boutures de manioc infectées. La phase secondaire provient de la dissémination latérale de cellules de *X. manihotis* provenant de plants malades.

La brûlure bactérienne du manioc est plus répandue et plus pernicieuse dans les zones écologiques de savanes africaines et dans les zones intermédiaires entre la savane et la forêt que dans les régions à forêts tropicales humides. Ce fait a été confirmé par des rapports du Cameroun (Persley, 1977), du Zaïre (Hahn et Williams, 1973), de la république du Congo (Daniel et alii, 1978), du Nigéria (Persley, 1978), Tanzanie (Nyango, 1978) et Ouganda (Nyiira et Otim-Nape, 1978).

On a néanmoins rapporté de fortes épidémies de la maladie dans les zones forestières humides du Nigéria (Williams et alii, 1973) et du Cameroun (Persley, 1977). Des irruptions sporadiques ont été signalées également en îlots isolés au Togo (Olympio 1978) et au Ghana (Korang-Amoakoh et Oduro, 1978). Dans ce dernier pays, bien que l'on ait attribué à la maladie un caractère quasi épidémique en 1975–1976, son importance a été qualifiée d'à peu près nulle en 1977 dans la région générale d'Accra.

Les résultats d'essais contre la BBM effectués dans la zone forestière tropicale humide du Nigéria ont indique que les épidémies ne manifestent pas de

caractère permanent dans cette zone climatique (Persley, 1978). À sa première apparition, la maladie a été sévère pour les cultivars sensibles, et généralement bénigne pour les résistants, De plus, la mortalité a été élevée parmi les cultivars sensibles, en particulier durant les périodes de grandes pluies.

L'abondance des pluies et l'absence presque totale de saison sèche dans les régions tropicales humides sont peu favorables à la survivance du *X. manihotis*. C'est pourquoi, même si la maladie se développe dans ces conditions, notamment lorsqu'on utilise des plants infectés comme point de départ, le peu de survivants dans le sol et les résidus diminue la quantité d'inoculum qui pourrait servir à la récolte suivante. L'utilisation subséquente de plants exempts de BBM pourrait donc rompre le cycle pathogénique et réduire le risque d'épidémie.

D'après les essais entrepris contre la BBM dans la zone intermédiaire forêt-savane des régions tropicales humides et sèches du Nigéria, on a pu conclure qu'avec des précipitations adéquates (Mokwa et Ibadan, 1 100 mm et 1 270 mm respectivement), BBM attaque fortement les cultivars sensibles. Si la saison sèche se poursuit pendant 5 à 7 mois, les conditions favorisent nettement la survivance du *X. manihotis* (Persley, 1978) et provoquent une épidémie soutenue de BBM (Tableau 2).

Stratégie de recherche

Le but ultime de l'amélioration du manioc en Afrique est l'obtention de variétés à rendement élevé, résistantes aux maladies et aux insectes, et pouvant s'adapter à un vaste éventail de conditions climatiques, pédologiques et culturales. Pour y parvenir, les scientifiques devront identifier les génotypes possédant une tolérance ou une résistance satisfaisante ou élevée à l'ensemble des facteurs débilitants qui affectent la productivité de la récolte dans diverses situations écologiques. Takatsu et alii (1978) ont démontré par leurs études en chambre de culture au Brésil, que lorsque la température de nuit ne descend pas en dessous de 22 °C, et celle de jour en dessous de 30 °C, les cultivars sensibles du manioc ne subissent normalement que des atteintes bénignes de la BBM et les surmontent généralement. Cependant à des températures inférieures, les cultivars, sensibles ou résistants, sont sérieusement attaqués. De plus, s'il est possible que les cultivars résistants survivent à la maladie, les plants sensibles en meurent le plus souvent.

D'après ces constatations on peut supposer que, en plus de l'effet bien vérifié des précipitations sur la diffusion du *X. manihotis* et sur la gravité de la BBM (Lozano, 1975), la température joue un rôle indirect dans les manifestations de la maladie et partant, sur le développement du plant de manioc.

La zone africaine du manioc se distingue par la diversité de ses conditions climatiques et édaphiques, même dans le cadre très largement défini des régions tropicales humides et de celles humides et sèches. Les variations de température et de pluviosité, nous l'avons mentionné, sont attribuables aux différences d'altitude, aux courants maritimes, aux vents dominants et à l'éloignement de l'équateur. Les contreforts du Mont Cameroun (4 062 m) sont un exemple typique de cette diversité propre à une même région climatique : les précipitations annuelles moyennes y dépassent fréquemment 10 mètres, avec une température annuelle moyenne de 26,6 °C ; autre exemple, les hautes terres du Kenya dont les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 1 000 mm mais où, dans la vallée du Rift dont le relief varie selon les endroits, elles sont d'environ 750 mm, tandis que sur les flancs exposés

Tableau 2. Potentiel épidémique de la brûlure bactérienne du manioc dans les zones tropicales de l'Afrique.

Zones	Latitudes	Précipitations (mm)	Saisons	Temp. annuelle moy. °C)	Endroits	Potentiel épidémique[a]
Tropicale humide	0,5° N/S					
Equatoriales	0,32° N	3000	Toute l'année	25–27	Kisangani, (Zaïre)	–
Mousson	4° N	3000	10 mois pluie ; 2 mois secs	25–27	Douala, (Cameroun)	+–
Tropicales humides et sèches	5–10° N/S	1000–1500				+
Basses terres	15–25° N/S		9 mois pluie ; 3 mois secs	23–26	Timbo, (Guinée)	
Hautes terres			6 mois pluie ; 6 mois secs	18–21	Salisbury, (Zimbabwe)	+

a) Adapté de Brook, R.H. (1979) et Best, Alan et deBlij, H.J. (1977).

du Mont Kenya elles dépassent invariablement 1 500 mm (Hailey, 1957).

Dans les zones tropicales d'Afrique à climat humide, les températures constamment élevées et l'abondance des pluies annuelles entraînent une altération chimique intense des sols, provoquant la décomposition totale ou presque complète des minéraux et la disparition de la silice et des bases solubles (Brook, 1979). Les terres sont donc, pour la plupart, pauvres chimiquement bien que, en général, d'une bonne structure physique dans ces zones. En contraste, dans les régions tropicales humides et sèches les sols, selon la durée de la saison sèche sont lessivés et, de façon générale, peu fertiles (Brook, 1979).

Les différences de conditions climatiques et édaphiques dans les principales régions à manioc, et entre celles-ci, entraînent inévitablement des variations entre les humidités relatives, les maxima et minima de température, le pH des sols et leur texture, leur teneur en matières organiques et leurs carences en macro- et micro-éléments nutritifs. Ces conditions, à leur tour, ont une influence notable sur le développement de la récolte et modifient sa réaction à l'égard de ses principaux pathogènes. De plus, comme le montre le cas de la BBM en Afrique, les variations climatiques et édaphiques influencent fortement aussi le comportement des pathogènes, en l'occurrence, la survivance de *X. manihotis*.

Nous proposerions donc que les pistes de recherche susceptibles d'améliorer la pathologie du manioc se concentrent sur les facteurs limitants de la productivité, et avec une attention particulière sur les effets des facteurs agro-écologiques sur la croissance du manioc, sur la virulence des pathogènes, et sur la survivance et le potentiel épidémique de ces derniers.

À l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), la reproduction de lignées améliorées de manioc comporte un travail massif de croisement et de sélection, en premier lieu contre deux importantes maladies : la brûlure bactérienne, et la mosaïque. À l'heure actuelle, au lieu de miser sur une supériorité acquise des clones et sur leur distribution par le centre d'Ibadan, on préfère introduire dans diverses régions d'Afrique, où la sélection pourra s'effectuer d'après les conditions locales, de vraies semences améliorées à caractères variables hérités de différents plants femelles interpollinisés et renfermant une source de résistance ou d'autres traits agronomiques favorables. Dans ces endroits on laisse les plants d'élite s'interpolliniser à nouveau et une partie des semences recueillies est retournée à Ibadan où elle est cultivée et resélectionnée.

Ce procédé assure l'amélioration progressive des variétés quant à leur adaptation aux maladies et autres facteurs débilitants dans les divers milieux écologiques. Toutefois, entre l'acquisition de populations d'origine avec gènes possédant les caractères désirables et la sélection de clones d'élite et leur multiplication jusqu'à ce qu'ils soient confiés aux cultivateurs, le délai sera d'environ 6 années. Plusieurs programmes nationaux africains portant sur le manioc n'ont pas le personnel nécessaire pour poursuivre aussi longtemps des projets d'amélioration des récoltes ; le besoin immédiat de plants à grande tolérance vis-à-vis des principales maladies souligne l'urgence de procédés plus rapides.

Jusqu'à présent, les règlements phytosanitaires ont interdit la circulation d'organes végétatifs de manioc à l'intérieur du continent africain, de peur d'introduire accidentellement des pathogènes transportés par les plants dans des régions présumées saines jusque-là. Avec les progrès de techniques récentes visant à obtenir, par des cultures de tissus, du matériel de plantation exempt de pathogènes, la possibilité existe aujourd'hui d'introduire dans les programmes nationaux des variétés améliorées de manioc éprouvées au Nigéria dans diverses conditions d'environnement et exposées à divers degrés d'infestation.

Les variétés améliorées, d'origine IITA, susceptibles de distribution sont les TMS 30555, TMS 30572, TMS 30786, TMS 30557, TMS 30001 et TMS 30395. Elles se sont avérées d'un rendement et d'un comportement supérieurs dans la majorité des milieux où l'essai en a été fait. Deux d'entre elles, TMS 30555 et TMS 30572 ont fourni un rendement moyen de 40,8 et de 36 t/ha en douze mois, et la seconde a donné 68 t/ha en 15 mois, à Ibadan, Nigéria, dans des terres cultivées en manioc pendant 2 années consécutives, sans fumure aux engrais chimiques (IITA, 1979).

Les variétés améliorées ne contiennent que relativement peu d'acide cyanhydrique, ont des tubercules de belle forme, et résistent bien à la BBM et à la MM. Leur qualité comestible a été jugée excellente, et leur pourcentage de matière sèche est relativement élevé (32 % et 36 %, respectivement, 12 et 15 mois après la plantation).

Le Conseil phytosanitaire inter-africain (CPSIA) a étudié la mise en circulation proposée de ces nouvelles variétés à l'état de cultures de tissus, depuis l'IITA vers les pays d'Afrique dont les programmes nationaux en feraient la demande. Il semble bien que, sous réserve de recommandations des Services de quarantaine des plantes (SQP), Plantation Moor, à Ibadan (Nigéria) le CPSIA acceptera de délivrer des certificats phytosanitaires légalisant la circulation de ces cultures tissulaires dans toute l'Afrique.

L'introduction de variétés améliorées de manioc sous forme de cultures de tissus dans les programmes nationaux présente des avantages à court terme et à long terme tels que la disponibilité immé-

diate de matériel clonal pour une évaluation variétale uniforme à l'intérieur d'un même programme, l'identification de variétés adaptées aux écologies locales en l'espace d'une ou deux saisons de végétation, et la possibilité de remplacer les variétés non améliorées, de faible rendement et sensibles aux maladies par d'autres variétés plus productives, adaptables et tolérantes vis-à-vis de conditions écologiques locales défavorables. Les programmes nationaux continueront cependant d'introduire de nouveaux génotypes sous forme de semences, pour la sélection locale.

Pour ce qui est des progrès à réaliser dans la recherche pathologique, la disponibilité d'un matériel clonal uniforme permettra d'explorer les variations des pathogènes du manioc causées par les différences écologiques, ainsi que l'influence des stress qui en découlent sur le rendement des récoltes et sur la constance de la résistance variétale aux principaux pathogènes du manioc.

Nous exprimons notre gratitude au Dr Amare Getahun (écologiste de l'IITA) pour ses précieuses suggestions dans la préparation de cette conférence.

SÉLECTION AU CHAMP DES CLONES DE MANIOC RÉSISTANT À *CERCOSPORA HENNINGSII*

J.B.K. KASIRIVU, O.F. ESURUOSO, ET E.R. TERRY

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA)
ET UNIVERSITÉ D'IBADAN, IBADAN (NIGÉRIA)

La sélection sur le terrain de clones de manioc pour la résistance à *Cercospora henningsii* a été effectuée par inoculation artificielle et infestation naturelle en octobre et novembre 1977 et en juin et juillet 1978, soit en saison sèche et humide. Pendant la période d'essais, les clones K7709, K7713, K7717 et K7718 ont démontré une certaine résistance à l'anthracnose alors que Isunikakiyan, TMS 711121, TMS 30395, K7707 et K7711 faisaient plutôt preuve de tolérance. L'inoculation artificielle a, plus que l'infestation naturelle, favorisé le développement de *Cercospora*, généralement plus grave en saison humide. Bien qu'aucun clone n'ait résisté à l'attaque, les différentes réactions à l'anthracnose font envisager la possibilité de sélectionner des variétés en vue de la résistance à cette maladie.

Field screening of cassava clones for resistance to *Cercospora henningsii* was conducted by artificial inoculation and natural infection during October–November 1977 and June–July 1978, dry and wet season, respectively. During both screening seasons, clones K7709, K7713, K7717, and K7718 showed some resistance, whereas clones Isunikakiyan, TMS 711121, TMS 30395, K7707, and K7711 showed susceptibility. *Cercospora* leaf spot, which generally was more severe during the wet season, developed more reliably following artificial inoculation than from natural infection. Although none of the clones proved to be immune, the differences in responses to *C. henningsii* suggest that opportunities exist for breeding clones with brown leaf spot resistance.

La tache de la feuille de manioc est transmise par plusieurs espèces de *Cercospora* (Ciferri, 1933 ; Arene, 1974 ; Lozano et Booth, 1974 ; Maduewesi, 1974 ; Teri et alii, 1977 ; Kasirivu, 1978). La virulence et la répartition géographique du *C. henningsii* causant la tache brune sur les feuilles de manioc montrent qu'il constitue l'espèce la plus répandue (Van Overeen, 1952 ; Lozano et Booth, 1974 ; Teri et alii, 1977).

Récemment, au Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), des pulvérisations hebdomadaires de fongicide contre la tache brune et la brûlure helminthosporienne des feuilles sur une variété de manioc sensible, Llanera, en ont augmenté le rendement de 14 % (Teri et alii, 1977). Les traitements contre la tache brune seule ont produit une augmentation de 10 à 23 % du rendement en racines fraîches chez les cultivars sensibles (Teri et alii, 1977).

On n'a accordé que peu d'attention aux mesures à prendre contre cette maladie, celle-ci n'ayant jamais été signalée comme ayant un caractère destructeur, les plants infectés continuant à produire (Ciferri, 1933 ; Viegas, 1941 ; Müller et Roberts, 1951). Probablement, le mode de culture traditionnel du manioc dans de petits jardins, avec d'autres plantes, empêche-t-il la maladie de se répandre, ou masque-t-il les épidémies (Lehman, 1972). Cependant, la maladie peut prendre de l'importance là où une même variété de manioc est l'objet d'une monoculture intensive (Rorer, 1915).

Les mesures d'éradication comme le ratissage fréquent et le brûlage des feuilles tombées pendant la saison sèche, le ravalement des plants à 15 cm, à la même saison, et le brûlage des débris, ainsi que la culture en rotation sont autant de moyens de lutte possibles suggérés par Powell, 1968. Plusieurs fongicides se sont montrés prometteurs contre la tache brune sur feuilles (Arene, 1974 ; Lozano et Booth, 1974 ; Teri et alii, 1977), mais bien que réalisable, ce moyen n'est guère économique sauf lorsqu'il s'agit de la multiplication de plants sains (Arene, 1974).

Bien que de nombreuses autres formes de lutte ont été mises à l'essai, la sélection des caractères de résistance à la maladie n'a reçu que peu d'attention (Powell, 1968 ; Arene, 1974 ; Lozano et Booth, 1974). D'autres recherches s'imposent encore pour évaluer cette résistance et ses mécanismes. Ciferri (1933) a proposé d'apprécier la résistance des clones de manioc au *C. henningsii* d'après le nombre et la

répartition des lésions. CIAT (1975) et Teri et alii (1974) se sont fondés sur le degré de rétention des feuilles pour évaluer la gravité de la maladie.

Il existe des différences démontrées dans la réaction des clones de manioc aux espèces de *Cercospora* (Ciferri, 1933; CIAT, 1974, 1975, 1976; Maduewesi 1974). La sélection de matériel génétique du manioc à la CIAT a permis d'identifier un certain nombre de clones résistants ou tolérants au *C. henningsii* (Teri et alii, 1977).

La sélection en serre a été difficile du fait que la sporulation fongique en cultures ne suffit pas pour l'inoculation artificielle. Récemment, toutefois, CIAT (1975) et Kasirivu (1978) ont rapporté une sporulation satisfaisante de *C. henningsii* en cultures et leur technique devrait faciliter l'évaluation de la maladie chez les plants inoculés artificiellement.

Une technique fiable de sélection est un préalable essentiel au succès de la reproduction. Nous avons entrepris notre recherche afin d'établir la valeur de l'échelle servant à évaluer la gravité de la maladie, ainsi que l'effet de l'environnement dans le développement de la maladie sur des clones de manioc inoculés. Nous espérions découvrir à quel point les résultats de l'inoculation artificielle étaient fiables et comparables d'une année à l'autre et comment ils se comparaient avec l'infection naturelle.

Matériels génétiques et méthodes

Les clones de manioc compris dans les expériences de sélection étaient, notamment : Isunikakiyan, 60444, 58308, 71121, TMS 30017 (TMS = Tropical manihot), TMS 30211, TMS 30337, TMS 30395, TMS 30555, TMS 30572 et 17 autres clones désignés comme K7701 à K7719 (K77 = Kasirivu 77, c'est-à-dire les clones sélectionnés en 1977 par Kasirivu) ; ils ont été choisis dans la pépinière des jeunes semis de l'IITA. Seuls 27 clones ont servi aux expériences au champ, afin de pouvoir les surveiller et évaluer efficacement l'échelle adoptée.

Culture pure et macéré brut

Pour l'inoculation, on s'est servi de macéré brut et de culture pure. Des feuilles de manioc infectées ont été cueillies dans les champs de l'IITA et on en a découpé les parties attaquées avec des ciseaux. On a fait macérer environ 500 gr de disques de tissus infectés dans 500 ml d'eau distillée, durant 30 secondes dans un mélangeur tournant à faible vitesse. Le macéré a ensuite été filtré dans de la gaze. On a également mélangé dans 300 ml d'eau distillée et filtré dans de la gaze 10 lames de culture pure sur agar à base de cosse de fève, recouvertes d'une préparation de cultures pures et incubées durant 14 jours.

Les suspensions de l'inoculum ont été ajustées à raison de 50 000 spores/ml, sauf indications contraires, à l'aide d'un hémocytomètre (Kasirivu 1978). On y a ajouté une goutte de Tween 80 (un collant) par 100 ml afin de réduire l'écoulement de l'inoculum en suspension sur le feuillage traité, après que l'on eut pulvérisé celui-ci sur les feuilles. Pour évaluer la différence entre le macéré brut et l'inoculum pur, nous nous sommes servis de plants empotés de 8 à 10 semaines du cultivar Isunikakiyan cultivé en serre, en les inoculant soit avec la suspension de macéré brut ou celle de culture pure (25 000 spores/ml). Les plants traités ont été maintenus dans une chambre humide (90 à 100 % d'humidité relative) pendant 48 heures et transférés alors sur une tablette de la serre. Chaque traitement a été appliqué à quatre plants et a été reproduit en triple. L'évaluation a été faite en fonction de la période d'incubation.

Effets de l'humidité

Les clones de manioc Isunikakiyan, 60444, 58308 et TMS 30211 élevés en serre jusqu'à 8 à 10 semaines ont été inoculés avec le macéré brut et on leur a appliqué l'un des quatre traitements suivants après l'inoculation :

- Certains plants ont été maintenus à l'extérieur pendant toute la durée de l'évaluation, où les températures mensuelles moyennes étaient comprises entre 20,4 et 31,9 °C en novembre-décembre et entre 22,9 et 31 °C en avril-mai 1978 ;
- D'autres ont été gardés sur une tablette de la serre pendant toute la durée d'observation ;
- D'autres encore ont été transférés en chambre humide pendant 48 heures, à 90 à 100 % d'humidité relative (HR) et transportés ensuite à l'extérieur où ils sont demeurés pendant toute la période d'observation ; et
- Le restant a été placé en chambre humide (90 à 100 % HR) pendant 48 heures et transporté ensuite sur une tablette de serre pour le reste de la période d'observation.

L'expérience a été répétée deux fois. La méthode d'évaluation devait permettre de déterminer la période d'incubation de la maladie et de compter les taches de feuilles par plant, à intervalles de 15 jours, du 30e au 60e jour après l'inoculation.

Effets du stress de l'humidité

Les plants empotés de cultivar Isunikakiyan élevés en serre jusqu'à l'âge de 8 à 10 semaines ont été inoculés avec le macéré brut et soumis ensuite à l'un des quatre régimes d'arrosage suivants :

- Arrosage quotidien (témoin) ;
- Arrosage tous les deux jours ;

- Arrosage tous les trois jours ; et
- Arrosage tous les quatre jours pendant toute la période d'observation.

Les résultats des traitements sont présentés en fonction de la période d'incubation de la maladie.

Réaction variétale de l'hôte

Les plants empotés de clones Isunikakiyan, 60444, 58308 et TMS 30211 élevés en serre jusqu'à 8 à 10 semaines ont été inoculés artificiellement avec le macéré brut et maintenus à l'extérieur pendant toute la période d'observation. Des plants servant de témoins recevaient des pulvérisations d'eau distillée. Les observations ont porté sur le décompte des taches sur les feuilles, par plant, et sur le degré de défeuillaison 30, 45 et 60 jours après le traitement.

Plantation, pratiques culturales et inoculation

Six tiges de chacun de 27 clones ont été plantées à un mètre d'espacement sur des billons également espacés d'un mètre. On a prévu 27 rangs par bloc (en double) et 3 mètres entre chaque bloc. Chaque expérience de sélection comportait deux doubles. L'arrosage et l'enlèvement des mauvaises herbes ont été effectués selon les besoins. L'expérience, mise en oeuvre pendant la saison sèche (février 1978), a comporté deux pulvérisations de Gammalin 20 à intervalles d'une semaine pour protéger les plants contre la sauterelle versicolore, *Zonocerus variegatus*.

Le feuillage des plants témoins a été inoculé lorsque ceux-ci avaient 3 mois, opération qui s'effectuait le soir. Deux des quatre blocs ont reçu l'inoculation et les deux autres non inoculés servaient de témoins.

Échelle standard d'évaluation de la maladie

On a prélevé dans le champ des feuilles à maturité, d'égales dimensions, représentant tous les degrés d'infection. En laboratoire, on les a divisées en six catégories arbitraires d'infestation, d'après le nombre de lésions et la surface proportionnelle affectée de chaque feuille. Les feuilles choisies, représentatives de chaque catégorie, ont été calquées sur papier transparent pour obtenir une échelle d'évaluation (Fig. 1). La partie foliaire atteinte par la maladie a été évaluée en surface. Le classement selon la résistance ou la sensibilité des clones sélectionnés s'est effectué d'après l'échelle suivante : (0) indemne, (1) très résistant, (2) résistant, (3) modérément sensible, (4) sensible, et (5) très sensible.

L'évaluation de la virulence de l'infestation sur les plants inoculés et non inoculés a eu lieu à 30, 45 et 60 jours après l'inoculation (Kasirivu, 1977, 1978). Un classement moyen de réaction a été établi pour chaque clone d'après une échelle d'évaluation fondée sur le pourcentage de surface foliaire attaquée pour l'évaluation quantitative (Thurston, 1971, van der Plank, 1976). Le personnel évaluait l'infestation en examinant le quart inférieur du feuillage du plant observé et en faisant le classement d'après la feuille la plus fortement attaquée parmi celles examinées dans les quatre plants intérieurs de chaque rangée.

Résultats

Inoculum de macéré brut ou de culture pure

Les suspensions de macéré brut et celles de cultures pures ont provoqué les mêmes symptômes pathogènes sur les plants traités. L'incubation a duré de 20 à 23 jours pour le macéré brut et de 20 à 25 pour la culture pure. Des fongus ont été isolés sur les plants infectés d'après les deux traitements et les cultures étaient identiques à celles des isolats d'origine.

Humidité et développement de la maladie

Bien que le deuxième objectif fût d'éclaircir le rôle de l'humidité dans l'implantation de la maladie et son évolution subséquente, on a observé également la réaction variétale aux traitements humides. Isunikakiyan, 60444 et TMS 30211, transférés sur tablette en serre immédiatement après l'inoculation ont connu un retard dans l'apparition des symptômes, et aucun symptôme n'a marqué le clone 58308 dans l'une ou l'autre expérience. Pour les plants inoculés maintenus sous humidité élevée et placés ensuite sur tablette en serre, l'apparition des symptômes a été retardée chez tous les clones des deux expériences.

La plus faible virulence de la maladie a été observée sur les plants inoculés et maintenus sur tablette en serre. La virulence la plus forte chez tous les clones a été relevée sur les plants inoculés et maintenus à l'extérieur dans la première expérience (novembre–décembre 1977) tandis que dans la deuxième (avril–mai 1978) les clones ont réagi différemmment (Tableau 1).

Stress de l'humidité

L'apparition des symptômes de maladie a été retardée à mesure qu'on réduisait la fréquence des arrosages. Les taches brunes des feuilles ont d'abord été observées sur les plants arrosés chaque jour, et les dernières sur ceux qui ne l'ont été que tous les quatre jours (Tableau 2).

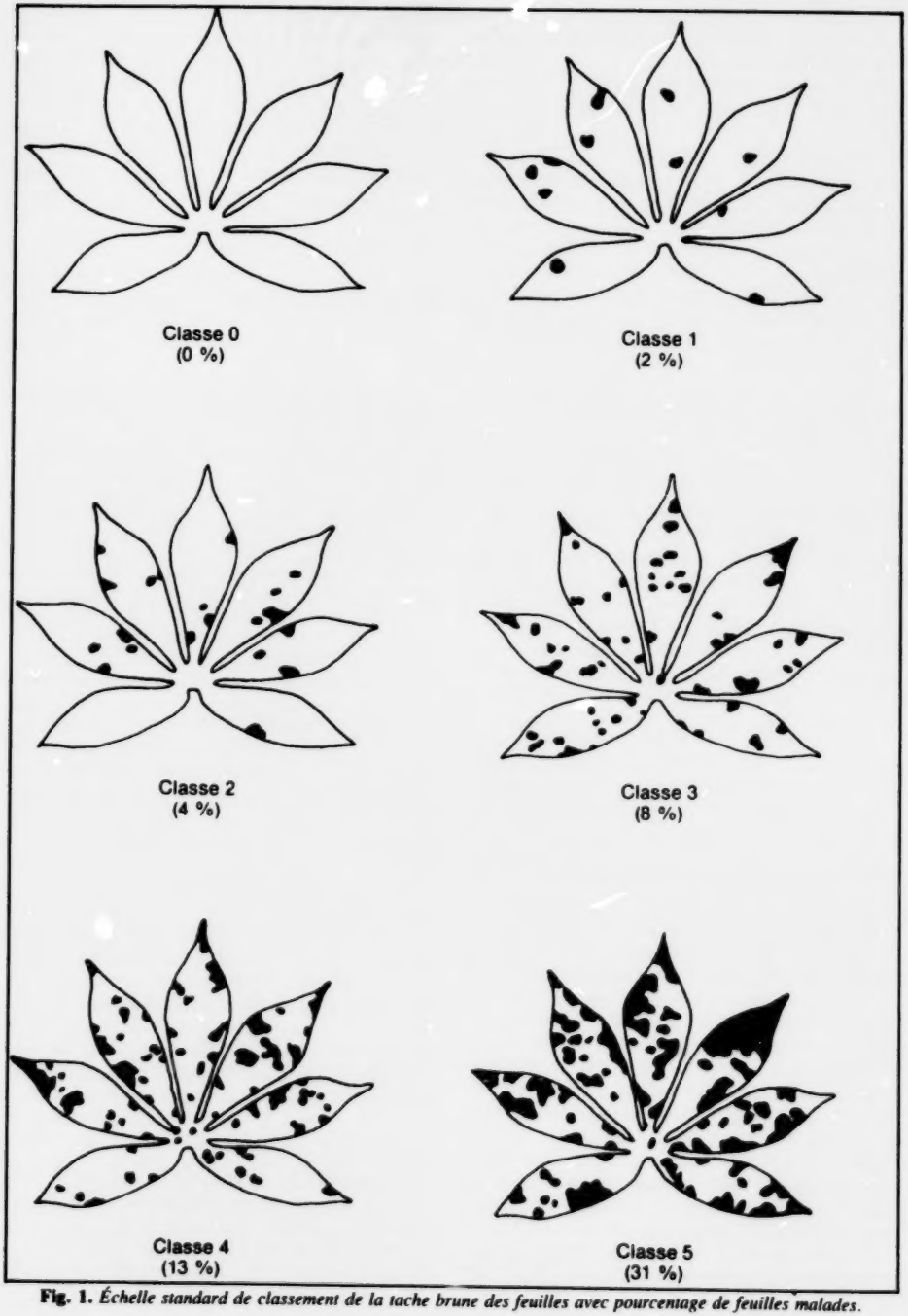


Fig. 1. *Échelle standard de classement de la tache brune des feuilles avec pourcentage de feuilles malades.*

Tableau 1. Réaction des clones à l'inoculation du *C. henningsii* suivie de différents traitements humides. Chiffres exprimés en taches des feuilles par plant, 45 jours après l'inoculation. Les jours d'incubation sont indiqués entre parenthèses.

Traitement peu après l'inoculation	Expérience[a]	Isunikakiyan (1)	Isunikakiyan (2)	60444 (1)	60444 (2)	TMS 30211 (1)	TMS 30211 (2)	58308 (1)	58308 (2)
Maintenus à l'extérieur		45,75 (22)	24,34 (19)	48,25 (21)	31,67 (23)	35,00 (23)	25,50 (19)	3,75 (40)	18,50 (27)
Maintenus sur tablette en serre		3,50 (24)	4,00 (32)	– [b]	2,50 (41)	–	0,50 (32)	–	–
Maintenus sous forte humidité, puis à l'extérieur		39,33 (23)	42,75 (21)	34,75 (23)	54,65 (19)	5,50 (26)	65,75 (19)	2,50 (32)	9,75 (29)
Maintenus sous forte humidité, puis sur tablette en serre		8,25 (24)	53,75 (22)	2,00 (31)	2,50 (31)	1,75 (35)	4,50 (23)	–	1,00 (31)

a) Expérience (1) : novembre–décembre 1977 ; expérience (2) : avril–mai 1978.
b) Le trait indique absence de symptôme.

Tableau 2. Stress de l'humidité et introduction de la tache brune des feuilles sur des cultivars d'Isunikakiyan, exprimés en jours d'incubation.

Traitement d'arrosage	Exp. 1	Exp. 2
Une fois par jour	21	29
Tous les 2 jours	26	34
Tous les 3 jours	30	30
Tous les 4 jours	52	35

Réaction variétale

Les lésions les plus nombreuses sur les plants inoculés ont été relevées sur le clone Isunikakiyan, et les moins nombreuses sur 58308, les clones 60444 et TMS 30211 montrant des réactions intermédiaires, 30 et 45 jours après l'inoculation. Après l'apparition des symptômes, la maladie a fait de rapides progrès sur les clones Isunikakiyan, 60444 et TMS 30211 entre le 30^e et le 45^e jour suivant l'inoculation ; l'intensité a baissé rapidement entre le 45^e et le 60^e jour, devenant presque la même que pour le traitement témoin. Le clone 58308 a montré le moins de réaction et les lésions par plant augmentaient encore au terme de l'évaluation (Tableau 3).

On a évalué la défeuillaison des plants témoins, inoculés et non inoculés. Les clones de Isunikakiyan, 60444 et TMS 30211, atteints d'abord de nombreuses lésions, suivies d'une brusque diminution, ont perdu de 80 à 87 % de leurs feuilles inoculées et le clone 58303 en a perdu environ 59 %. La défeuillaison a été calculée par soustraction sur les plants témoins. Quarante-cinq jours après l'inoculation, le clone 60444 était le plus défeuillé, et le 58308 le moins. Les autres se classaient entre les deux ; et, 60 jours après le traitement, la défeuillaison était maximale sur les clones 60444 et TMS 30211, et minimale sur 58308, tandis que Isunikakiyan se situait entre les deux (Tableau 4).

Sélection au champ pour la résistance

Un troisième objectif comportait l'identification des clones résistants et de ceux sensibles à l'inoculation artificielle ainsi qu'à l'infection naturelle durant les deux saisons, humide et sèche. Parmi les 27 clones sélectionnés, aucun n'a révélé d'immunité ; tous ont été infectés, même sans inoculation. Les clones inoculés durant les deux saisons ont été atteints à un plus haut degré que les clones témoins non inoculés, exception faite des TMS 30337 et TMS

Tableau 3. Nombre de taches de feuilles par plant sur des clones de manioc inoculés et non inoculés.

Clone	Traitement	Jours suivant le traitement 30	45	60
Isunikakiyan	Inoculé	68,50	221,75	25,25
	Témoin	6,75	23,00	21,25
TMS 30211	Inoculé	11,00	83,00	24,50
	Témoin	0,50	0,50	10,25
58308	Inoculé	1,33	26,33	36,00
	Témoin	1,00	3,00	2,00
60444	Inoculé	27,25	77,25	22,50
	Témoin	1,75	10,00	17,00

Tableau 4. Pourcentage de défeuillaison causée par la tache brune des feuilles de quatre clones de manioc.

Clone	Jours suivant le traitement		
	30	45	60
Isunikakiyan	7,50	24,32	35,69
TMS 30211	2,99	26,44	42,12
58308	7,58	13,51	20,83
60444	0,43	35,97	42,12

30017 qui ont été aussi fortement affectés dans les deux traitements, pendant la sélection en saison sèche, que le clone K7717 pendant la saison humide.

Durant la sélection en saison sèche (octobre–novembre 1977) seulement quatre clones (TMS 30211, K7701, K7704, K7709) ont montré une résistance élevée, et un seul (K7717) en a fait autant durant la saison humide (juin–juillet 1978). Neuf clones se sont avérés résistants en saison sèche et quatre en saison humide, deux de ces derniers affichant une résistance égale dans les deux saisons (K7713 et K7718). Quatorze et 15 clones ont été classés modérément sensibles pendant les saisons sèche et humide, respectivement, et 8 de ceux-ci (60444, TMS 30555, TMS 30572, K7705, K7706, K7708, K7710, K7712) ont obtenu le même classement pour les deux saisons. En saison humide, les clones 711121, TMS 30395, K7701, K7707, K7711 et K7715 ont été classés sensibles et Isunikakiyan très sensible.

Les traitements inoculés ont montré diverses réactions clonales dont le mode était identique à celui des traitements témoins, avec cette différence que les cotes de virulence de la maladie ont été plus élevées dans le cas des premiers (Fig. 2).

L'évaluation subséquente de la maladie chez les plants inoculés, après 45 et 60 jours, a révélé une réaction clonale d'une gravité variable au champ (Tableau 5). Le clone TMS 30395 a maintenu une réaction modérément sensible pendant toute la durée de l'évaluation en saison sèche, alors que le clone TMS 30572 maintenait une réaction similaire en saison humide. 58308 et K7718 se sont montrés résistants, tandis que le clone K7717 avait une réaction de grande résistance en saison humide. Seul K7708 a montré du retard dans le développement de la maladie, enregistrant sa cote la plus élevée pen-

Tableau 5. Progression de la tache brune des feuilles en termes de cotes d'évaluation après 30, 45 et 60 jours, sur des clones de manioc inoculés pendant les saisons sèche (octobre–novembre 1977) et humide (juin–juillet 1978).

Clone	Saison sèche			Saison humide		
	30	45	60	30	45	60
Isunikakiyan[ab]	3	2	2	4,5	3	3
711121[a]	3	1,5	1,5	4	3	3
60444	2,5	1,5	1,5	3	2,5	1,5
58308	3	2,5	2,0	2	2	2
TMS 30017	2	1,5	1,5	2,5	2,5	2
TMS 30211	1,5	1,5	1	2,5	2	2
TMS 30337	2	1,5	1	2,5	2,5	2,5
TMS 30395[b]	3	3	3	3,5	2	2
TMS 30555[b]	2,5	2	1,5	3	2,5	1,5
TMS 30572	2,5	2	2	3	3	3
K7701	1,5	1	1	3,5	2,5	2
K7704	1,5	1	1	3	2	1,5
K7705[a]	2,5	1	1	2,5	2	1
K7706	2,5	1,5	1	3	2,5	2
K7707	3	2	2	3,5	2,5	2,5
K7708	3	2,5	1,5	2,5	3	2,5
K7709	1,5	1	1	2	1,5	1
K7710	2,5	1,5	1	3	2	1,5
K7711[ab]	3	1	1	4	3	3
K7712	2,5	1	1	3	2	2
K7713	2	1	1	2	2	1,5
K7714	2	1,5	1,5	2,5	2,5	2
K7715	2	1,5	1	4	3	3
K7716[b]	2	2	1	3	2,5	2
K7717	2	2	1	1	1	1
K7718	2	2	1,5	2	2	2
K7719	2	1	1	2,5	2,5	2

a) Forte infection de mosaïque du manioc en saison sèche.
b) Fort jaunissement prématuré des feuilles en saison humide.

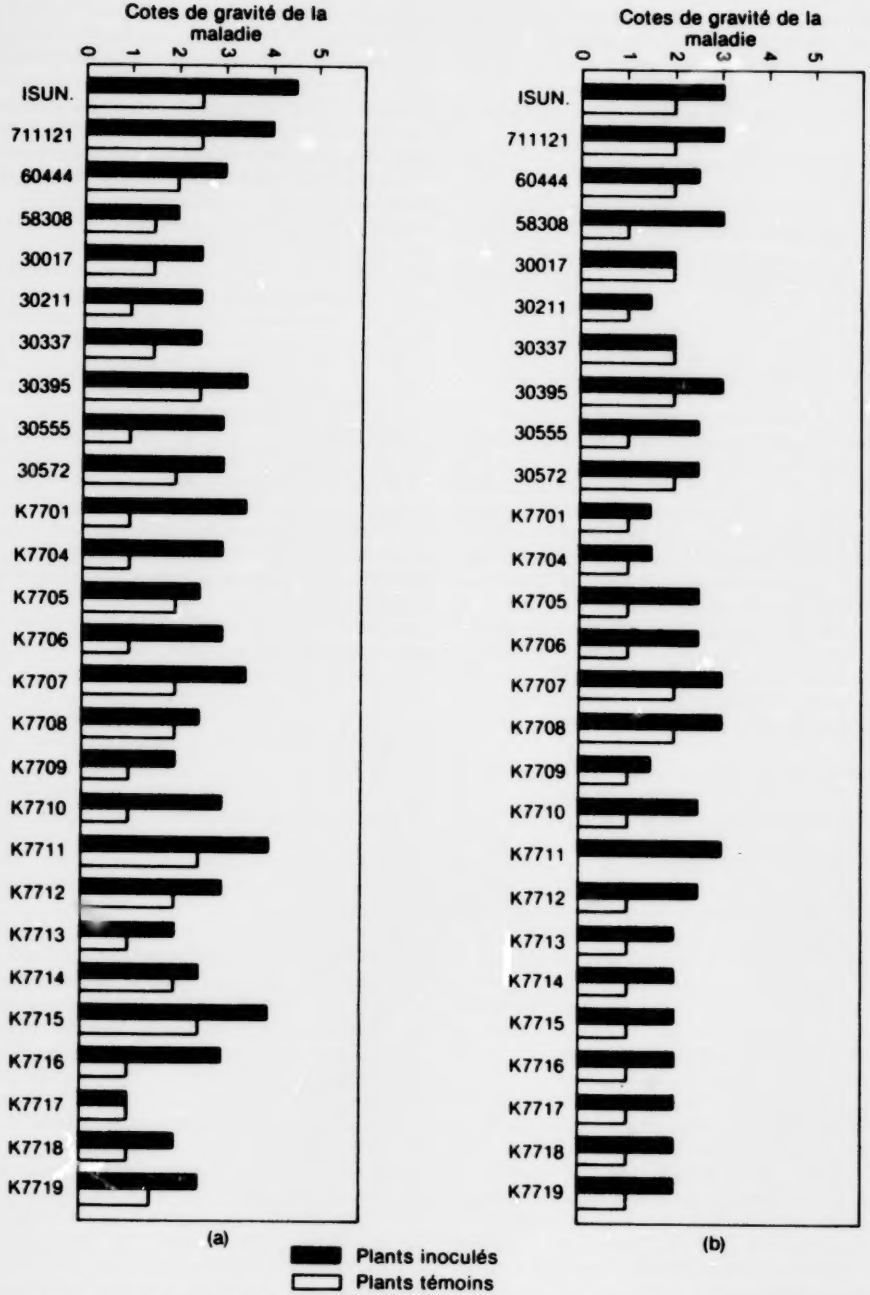


Fig. 2. *Cotes d'après la gravité de la tache brune des feuilles de manioc, 30 jours après le traitement de 27 clones, pendant les saisons humide (a) et sèche (b).*

dant la saison humide, 45 jours après l'inoculation. La réaction clonale a été la plus significative 30 jours après l'inoculation, avant l'apparition de lésions de seconde génération sur les cas traités et avant que la défeuillaison imputable à la maladie ne se manifeste.

Discussion et conclusions

Les résultats de l'inoculation indiquent que les organismes pathogènes à l'état de culture pure et de macéré brut ont été d'une égale virulence sur le clone à l'essai, Isunikakiyan, bien que l'on n'ait pas fait l'épreuve du spectre de virulence en culture pure.

La progression de la maladie a été très influencée par les conditions de milieu dans lesquelles le clone s'est trouvé peu après l'inoculation, et partiellement par le clone lui-même. Les réactions clonales aux traitements humides se reflètent dans la durée de l'inoculation et le nombre des lésions. Dans un milieu plus sec, en serre, les symptômes ont été retardés ou même évités, tandis que les conditions naturelles et des traitements humides graduels ont suscité la réaction inhérente des clones à la maladie.

Le nombre élevé de lésions sur les plants maintenus à l'extérieur est révélateur de l'existence d'autres facteurs que l'humidité, qui interviendraient dans le processus de l'infection. Ces facteurs pourraient être l'alternance d'une humidité relative plus élevée et plus faible durant la nuit et le jour, des fluctuations de température et la combinaison d'une humidité élevée et de basse température pendant la nuit.

Les plants inoculés et maintenus à l'extérieur ont souffert de lésions plus nombreuses que ceux conservés sous forte humidité en novembre et décembre 1977. Ce fait peut s'expliquer parce que les températures, en chambre humide, se sont élevées jusqu'à 38 à 40 °C, réduisant ainsi les chances de réussite de l'infection, tandis que les températures extérieures n'étaient que de 20 à 32 °C. L'expérience en avril–mai 1978 a fait ressortir un nombre moindre de lésions sur les plants inoculés, maintenus à l'extérieur, que sur ceux conservés à humidité élevée avant d'être transférés à l'extérieur. Il se peut que les spores présentes sur les feuilles, à l'extérieur, aient été lessivées par les pluies.

L'expérience du stress de l'humidité révèle que les plants vigoureux, en croissance, disposant d'une humidité adéquate ont été fortement infectés, à la fois par une brève période d'incubation et par le nombre considérable des lésions réparties de façon égale sur les feuilles. Sur les feuilles inoculées des plants soumis au stress de l'humidité, l'apparition des symptômes a été plus tardive et les taches ont été moins nombreuses.

Les différences de réaction clonale à l'inoculation artificielle peuvent être attribuables aux variations du degré d'infection consécutive à l'inoculation et à la résistance variable des tissus foliaires attaqués, qui ont affecté la rapidité de destruction des feuilles (Thurston, 1971 ; van der Plank, 1963). Comme les plants ont été artificiellement inoculés, il se peut que d'autres facteurs, à part la quantité d'inoculum par unité de surface de la feuille, aient joué un rôle.

Les plants témoins, inoculés et non inoculés, du clone Isunikakiyan, ont été infectés à un degré considérable, tandis que les deux modes de traitements, pour le clone 58308, n'ont produit que très peu de taches. Dans le cas des clones Isunikakiyan, TMS 30211 et 60444, la réaction, en termes de lésions par plant, a atteint son point maximum 45 jours après l'inoculation. De son côté, le clone 58308 n'a montré que des lésions peu nombreuses par plant, dont le nombre a progressé lentement et régulièrement jusqu'au terme de l'observation. Exposé aux mêmes pressions, c'est-à-dire à l'inoculation, le clone Isunikakiyan a montré neuf fois, environ — et les clones 60444 et TMS 30211, environ trois fois — plus de lésions que le 58308 n'en avait au 45^{e} jour. Les plants témoins non traités ont révélé la même réaction, à l'exception du clone TMS 30211 qui s'est avéré plus résistant sous une pression moindre de la maladie.

Des quatre clones étudiés, 60444 et TMS 30211 étaient les plus défeuillés après 60 jours d'inoculation, 58308 le moins et chez Isunikakiyan, la défeuillaison était moyenne. En comparant la virulence de la maladie et la défeuillaison subséquente, nous avons constaté que les clones 60444 et TMS 30211 étaient les plus affectés bien que la maladie n'ait atteint qu'un degré moyen de gravité. Par contraste, Isunikakiyan, dont la défeuillaison n'était qu'intermédiaire, était malade au plus haut point. Ces constatations semblent indiquer que les clones 60444 et TMS 30211 sont plus sensibles dans leur réaction à la maladie.

En résumé, Isunikakiyan a montré une réaction sensible, 58308 des réactions résistantes, et 60444 ainsi que TMS 30211 des réactions intermédiaires. L'expression « sensible » s'applique à l'ensemble des propriétés qui font du plant un hôte réceptif aux pathogènes, tandis que « résistant » dénote l'aptitude fondamentale de l'hôte à s'opposer aux pathogènes (Robinson 1969).

La sélection dans le champ pour la résistance des 27 clones de manioc a eu lieu à deux reprises durant la saison sèche (octobre–novembre 1977) et la saison humide (juin–juillet 1978). La réaction clonale des plants témoins, inoculés et non inoculés, durant ces deux saisons a fait ressortir leurs divers degrés d'infestation, et ceux-ci ont été plus élevés en saison humide qu'en saison sèche. Ces réactions concordent avec les observations de Viennot Bourgin et Grimaldi (1950), à savoir que les plants de manioc

exposés à des conditions de végétation défavorables sont plus résistants à sp *Cercospora* que ceux qui bénéficient de conditions favorables. Ces résultats indiquent-ils une simple résistance ou seulement des cotes pathogéniques moins élevées? La question n'est pas éclaircie. Peut-être expriment-ils une relation pathogène–hôte–environnement plutôt que celle d'hôte–environnement parce que l'humidité, le stress humide et les différences clonales ont affecté l'intensité de l'infection sur des plants inoculés artificiellement dans des conditions de milieu contrôlées.

Parmi les plants inoculés dans le champ, 78 % des clones ont mérité des cotes de maladie élevées en saison humide, comparativement à celles relevées en saison sèche ; 11 % des clones ont eu des cotes inférieures pendant la saison humide, et 11 % également ont eu des réactions identiques durant les deux saisons. Ces mêmes clones, utilisés comme témoins inoculés, ont été infectés à des degrés divers : 33 % l'ont été plus sévèrement en saison humide, 7 % moins sévèrement, et 60 % ont eu la même réaction durant les deux saisons. Cette interaction clonale avec les saisons et le potentiel de l'inoculum dans ces expériences confirme l'observation de Teri et alii, (1977) à savoir que, en règle générale, les infections artificiellement provoquées se montrent plus sûres d'année en année que les infections naturelles et sont donc plus justement comparables.

Les réactions clonales des plants inoculés ont été plus ou moins normalement réparties en saison humide, alors qu'en saison sèche la réaction a oscillé de la virulence moyenne à la résistance. Pour les témoins non inoculés, la réaction clonale a atteint la cote résistant de l'échelle d'évaluation, pendant les deux saisons, à l'exception de quelques clones dont la sensibilité s'est révélée moyenne en saison humide. Pour être efficace, la sélection exige une inoculation artificielle pendant la saison humide où le temps est favorable au développement vigoureux des plants ainsi qu'à l'apparition de la maladie. Ce procédé donnerait des résultats plus sûrs et plus facilement comparables d'une année à l'autre.

Les différences de réactions clonales au *C. henningsii* ont été démontrées au cours des expériences et les observations concordent avec celles d'Arene (1974), CIAT (1974, 1975, 1976, 1977), et de Maduewesi (1974). On peut présumer qu'il existe de la résistance à tous les degrés possibles chez les clones mis à l'essai, mais pas d'immunité. Toutefois, il faudra étendre la sélection en serre et dans le champ pour confirmer les observations ainsi que la précision de l'échelle d'évaluation de la maladie.

PROPRIÉTÉS D'UNE VARIÉTÉ NOCIVE DE VIRUS LATENT DU MANIOC, ISOLÉE SUR DU TABAC CULTIVÉ AU NIGÉRIA

E.C.K. IGWEGBE

DÉPARTEMENT DES CULTURES VIVRIÈRES, UNIVERSITÉ DU NIGÉRIA, NSUKKA (NIGÉRIA)

L'agent responsable du rabougrissement sévère, de la frisolée, de l'épinastie et de la marbrure chlorotique du tabac cultivé à Nsukka, Nigéria a pu être isolé et étudié. C'est un virus et plusieurs isolats ont été injectés à *Datura stramonium* et à d'autres espèces *Nicotiana*. Le virus, de morphologie sphérique, est inactif à 55–60 °C ainsi que lorsque dilué à moins de 10^{-1}, et il ne vit pas plus de 24 heures en laboratoire. Il est transmis par *Bemesia tabaci* et attendu les caractères décrits plus haut, il est possible qu'il appartienne à une variété du virus latent du manioc (VLM), bien que des recherches sur l'agar n'aient démontré aucune relation sérologique entre VLM et Nsukka.

I isolated and tested the agent causing severe stunting, leaf curl, leaf epinasty, and chlorosis mottle in field-grown tobacco in Nsukka, Nigeria. The agent was shown to be a virus, isolates of which were able to infect *Datura stramonium* and several *Nicotiana* species. The virus exhibited thermal inactivation at 55–60 °C, dilution endpoint of less than 10^{-1}, longevity in vitro of fewer than 24 hours, and a spherical morphology. It was transmitted by *Bemesia tabaci*. Based on these properties, I consider the virus to be a severe strain of cassava latent virus (CLV), although results of studies on agar to demonstrate the possible serological relationship between the Nsukka virus and CLV were inconclusive.

Le virus latent du manioc (VLM) est relativement récent. Il a été décelé au Kenya, en 1978, par Bock et alii. Il se transmet par la sève et est inactif aux températures dépassant 55 °C ainsi que dilué à environ 10^{-3} ; sa longévité en laboratoire ne dépasse pas 3 jours. Il attaque les euphorbiacées et les solanées chez lesquelles il provoque la frisolée, des lésions chlorotiques et la marbrure chlorotique (Bock et alii, 1978).

Le VLM est l'objet d'un intérêt renouvelé du fait qu'on l'a régulièrement isolé sur du manioc offrant des symptômes de la mosaïque (Bock et alii, 1978 ; Igwegbe, résultats non publiés ; Thottappilly, communiqué personnel, et Cobaruko, thèse non publiée). La MM est une maladie grave du manioc présente partout où on le cultive. Bien que le VLM ait pu être transmis expérimentalement du manioc au tabac, on ne l'a jamais observé au naturel sur le tabac.

Lors d'un inventaire (1979) des virus affectant le tabac dans la parcelle réservée à cette plante à l'Université du Nigéria, à Nsukka, on a trouvé des plants fortement rabougris, avec des symptômes de frisolée, d'épinastie des feuilles et de marbrure chlorotique. Les études en vue d'identifier l'agent causatif ont indiqué que celui-ci était une variété du VLM.

MATÉRIELS ET MÉTHODE

Des 10 isolats de virus (6 sur du tabac cultivé en champ, et 4 sur du manioc infecté de MM conservé en serre) obtenus à Nsukka, j'en ai utilisé un, désigné VLM-NN2 aux fins de ma recherche et qui avait été prélevé dans un champ de tabac. Après plusieurs passages dans une série de lésions locales sur *Nicotiana occidentalis*, VLM-NN2 a été fixé sur *N. tabacum*, NC 95, ou un cultivar local. Sauf indications contraires, ces deux variétés ont servi de sources de virus pour cette étude.

Pour obtenir l'inoculum nécessaire, j'ai broyé au pilon dans un mortier des feuilles infectées de tabac, avec du phosphate de potassium 0,05 M comme tampon, pH 8,0 (1 : 2, V/V). La matière broyée a été tamisée dans deux épaisseurs de gaze, et l'inoculum appliqué ensuite sur les feuilles, saupoudrées de carborundum, des plants servant aux essais. Aussitôt après l'application, l'inoculum a été lessivé des feuilles à l'eau courante. Les plants inoculés et les plants témoins appropriés non inoculés ont été placés en observation dans une serre exempte d'insectes.

Quatre jeunes plants de chaque espèce, ou plus, à croissance rapide, ont été inoculés. À défaut de

symptômes déclarés sur ces hôtes après 4 à 6 semaines, des inoculations ont été effectuées à partir de feuilles non inoculées sur la variété locale ou la NC 95 de *N. tabacum*.

VLM-NN2 des feuilles de tabac NC 95 récoltées environ 4 semaines après l'inoculation a été partiellement purifié. Vingt grammes de feuilles infectées fraîchement récoltées ont été broyés au pilon dans un mortier, à froid, en présence de 40 ml de phosphate de potassium 0,1 M comme tampon (pH 7), contenant 1 % de 2-mercaptoethanol. La solution homogénéisée a été filtrée dans deux épaisseurs de gaze, et le filtrat clarifié ensuite à l'aide d'un mélange de n-butanol–chloroforme (1 : 1, V/V) utilisé à la dose de 1 ml/10 ml d'extrait. Après avoir remué le mélange de façon intermittente pendant 2 heures, à 4 °C, l'émulsion a ensuite été centrifugée à 3 000 tr/mn durant 30 minutes. Pour précipiter le virus, j'ai fait dissoudre du polyéthylène et NaCl en phase aqueuse jusqu'à concentrations finales de 7,5 % et 0,4 M, respectivement. Le mélange a été mis en incubation en le remuant par intermittence durant 2½ heures environ à 4 °C, et le précipité a été recueilli par centrifugation à 10 000 tr/mn pendant 20 minutes à 4 °C, avant d'être remis en suspension dans 5 ml de phosphate de potassium 0,05 M comme tampon (pH 8,0), puis clarifié par centrifugation à vitesse réduite. Le surnageant final constitue la préparation virale partiellement purifiée que j'ai inoculée à quatre jeunes plantons, ou plus, de tabac NC 95 et de manioc en état de croissance active afin d'en tester le caractère pathogène. Les plants témoins ont reçu un extrait similaire provenant de tabac non inoculé.

Pour étudier la morphologie des particules de VLM-NN2, la préparation virale partiellement purifiée a été colorée négativement au phosphotungstate de potassium neutralisé à 2 % et visionnée ensuite au microscope électronique.

Tous les tests sérologiques ont été effectués avec la préparation virale partiellement purifiée dans des plaques Ouchterlony à double diffusion, de 0,8 % d'agarose et 0,1 % d'azide sodique dissous dans un salin ; des fontaines de 6 mm de diamètre ont été espacées de 4 mm. L'antisérum du VLM utilisé dans ce test titrait 1 : 256 et était un don de K.R. Bock, de Nairobi (Kenya).

J'ai étudié les propriétés du suc brut en laboratoire avec le jus exprimé obtenu en titrant les feuilles infectées d'un cultivar local de *N. tabacum* dans deux volumes de phosphate de potassium 0,05 M comme tampon, pH 8. Des tissus ont été prélevés 3 à 4 semaines après l'inoculation. Toutes les analyses d'infectiosité ont été effectuées sur un cultivar local de *N. tabacum*. J'ai déterminé le point d'inactivation thermique (PIT) en chauffant 5 ml de l'extrait pendant 10 minutes en intervalles de 10 °C échelonnés de 40 à 80 °C. À la fin de ce traitement thermique, les tubes ont été immédiatement refroidis et l'infectiosité établie (cinq plants par traitement). J'ai établi le point limite de diffusion (PLD) et, à nouveau, déterminé l'infectiosité en utilisant cinq plants par dilution. La longévité in vitro (LIV) a été établie en incubant l'extrait à 21 °C et ce dernier a été évalué sur cinq plants de tabac, de 0 à 6 jours après la préparation.

Des aleurodes adultes, indemnes de virus, élevés sur spp *Crotalaria* ont été affamés durant 1 heure, après quoi on les a laissés se nourrir sur le tabac infecté par intervalles de 30 à 60 minutes, avant de les transférer pendant 4 jours sur les plants d'essai qu'elles inoculeraient en s'y nourrissant. Dans un autre test, des aleurodes adultes porteurs du virus, recueillis sur des plants de manioc infectés de mosaïque et gardés en serre, ont été transférés sur les plants à l'essai et laissés s'y nourrir librement pendant 4 jours. Dans les deux tests, les aleurodes ont été utilisés au nombre de 10 par plant et retirés à la fin de chaque période d'alimentation inoculante. Dans les deux tests les plants utilisés étaient des semis de tabac et de manioc au stade des cinq à six premières feuilles. Chaque test comprenait les témoins appropriés.

Résultats

Les résultats que j'ai obtenus concordent avec ceux de Bock et alii, (1978) en révélant que la gamme des hôtes du VLM-NN2 se limitait aux solanées (spp *Nicotiana* et *Datura stramonium*). Les spp *Nicotiana* reconnues comme sensibles et non étudiées par Bock et alii, (1978) sont *N. tabacum, Burley 21, Samsun-NN, Havana 425, NC 95, et N. occidentalis*. À l'exception de cette dernière tous les plants ont manifesté des symptômes systématiques. Cependant, les lésions locales de *N. occidentalis* étaient erratiques et souvent trop peu nombreuses pour être évaluées quantitativement.

Pour les autres espèces sensibles, la séquence des symptômes a été la suivante : 8 à 10 jours après l'inoculation, apparition de froissement à la base (moitié inférieure du limbe) des deuxième, troisième et quatrième feuilles au-dessus de la plus jeune des feuilles inoculées. Dans les 24 heures suivantes, les froissements deviennent plus apparents et des lésions chlorotiques apparaissent dans la zone froissée. Ces lésions, habituellement associées aux nervures des feuilles, ne tardent pas à se combiner en bandes chlorotiques. Dans les 36 à 48 heures suivant l'apparition des premiers symptômes, la partie de la nervure centrale dans la zone froissée s'est nécrosée en particulier sur *N. tabacum* NC 95 et la variété locale. Et quelques heures plus tard, la frisolée se manifeste, suivie immédiatement d'une forte épi-

nastie des feuilles. Le point de frisolée coïncidait généralement avec l'endroit nécrotique longeant la nervure médiane. L'arrêt temporaire de la végétation et la présence des feuilles atteintes d'épinastie donnent aux sommités des plants affectés une forme aplatie. Les plants reprennent leur croissance 7 à 10 jours après la première réaction.

Les feuilles nouvelles n'ont pas d'épinastie mais portent des marbrures chlorotiques caractéristiques. Avec le temps, les plants infectés se rabougrissent nettement comparativement aux témoins non inoculés. La séquence des symptômes manifestés par *D. stramonium* a été la même que celle décrite pour le tabac, sauf que pour *Datura* le premier symptôme apparent a été la frisolée du pétiole, ou de la feuille, ou des deux. Dans plusieurs tests, VLM-NN2 n'a produit aucune lésion nécrotique sur *D. stramonium*, constatation qui confirme celles de Bock et alii, (1978).

Parmi les espèces de *Nicotiana, N. tabacum*, NC 95 et la variété locale ont paru les plus sensibles à l'inoculation par VLM-NN2, tandis que *N. glutinosa* et *N. tabacum* Havana 425 n'ont été infectés qu'avec difficulté. Dans plusieurs tests, VLM-NN2 n'a pas pu provoquer de symptômes chez *D. ferox, Solanum nigrum* et *N. rustica*, comme hôtes du virus.

VLM-NN2 n'a pas suscité de symptômes chez le manioc ni chez aucune des espèces suivantes : spp *Ageratum, Lycopersicon esculentum* (Marglobe et Roma), *Calapagonium mucoides*, spp *Crotalaria, Physalis floridana, Capsicum annuum* (Merveille de Californie), *Capsicum frutescens* (Tabasco), *Ipomoea purpurea, Gossypium hirsutum, Chenopodium amaranticolor, Solanum melongena*, spp *Cucumeropsis, Urena lobata, C. quinoa, Ricinis communis, Cucumis sativus* (Supermarket and National Pickling), *Vinca rosae, Sesamum indicum, Datura metel, Glycine max* (Lincoln), *Jatropha multifida, Pisum sativum* (Bonneville), *Vigna unguiculata* (Blackeye No 5) et *Hibiscus esculentus*. Sauf pour le manioc, l'infection par le virus latent n'a pas été testée sur ces espèces.

Les préparations partiellement purifiées du VLM-NN2 contenaient des particules jumelées et quelques particules simples. Les jumelées avaient une dimension globale de 30 × 20 mm, et les particules simples un diamètre d'environ 18 à 20 mm. Tous les plants de tabac inoculés avec du virus partiellement purifié ont exhibé les symptômes typiques de VLM-NN2 dans les deux semaines suivantes. Aucun des tabacs inoculés avec l'extrait obtenu de plants sains n'a montré ces symptômes. Aucun des plants de manioc inoculés n'a paru infecté, même après trois ravalements en trois mois. De plus, il m'a été impossible, de façon répétée, de recouvrer le VLM-NN2 sur les plants de manioc inoculés.

La préparation partiellement purifiée du VLM-NN2 n'a pas réagi à l'antisérum de Bock dans le test à l'agar. Le PIT du VLM-NN2 s'est situé entre 50 et 60 °C, son PLD a été inférieur à 10^{-1}, et LIV inférieure à 24 heures.

Les aleurodes indemnes de virus n'ont pu transmettre VLM-NN2 du tabac infecté à d'autres tabacs ni au manioc. Par contre, les mouches porteuses du virus recueillies sur des plants de manioc infectés de mosaïque ont transmis le virus au tabac mais non au manioc.

Discussion

La variété des hôtes, la symptomatologie et les propriétés physiques du VLM-NN2 indiquent que ce virus est une variété active du VLM de Bock. Bien que les caractéristiques des deux virus soient très voisines, certaines différences ressortent clairement. Contrairement au VLM, mon virus n'a pu infecter *S. Nigrum, N. rustica* et *D. ferox* ; il ne l'a fait pour *N. glutinosa* et *D. stramonium* que lorsque les jeunes feuilles infectées et le tampon étaient présents dans le rapport de 1 : 1 ; il a nettement causé l'épinastie des feuilles et de la marbrure chlorotique chez les hôtes sensibles ; n'a pas réussi à provoquer de lésions nécrotiques à *D. stramonium* ; et ses indices de PIT, PLD et LIV ont été légèrement inférieurs à ceux relevés pour le VLM. Le fait que des variétés d'un même virus puissent différer par la variété des hôtes, la symptomatologie et les propriétés physiques (Bozarth et alii, 1977; Fischer et Lockhart, 1977 ; Fribourg, 1977) ne contredit pas la conclusion voulant que VLM et VLM-NN2 soient apparentés.

L'incapacité où l'on s'est trouvé de démontrer l'existence d'un rapport sérologique entre VLM et VLM-NN2 peut faire croire que les réactants n'ont pas agi en concentrations optimales (Waterworth et alii, 1973), ou que le VLM possède des sérotypes, comme c'est le cas de certains virus des végétaux (Harrison 1964, Harrison et Woods, 1966). Des conclusions définitives concernant un éventuel rapport sérologique entre VLM et VLM-NN2 devront attendre les résultats de recherches plus poussées et notamment l'existence de procédés améliorés de purification et la production d'un antisérum à titre élevé.

Mon incapacité à retourner VLM-NN2 au manioc et à provoquer les symptômes typiques de la mosaïque ressemble à l'expérience de Bock et alii (1978). Le fait que la même préparation virale qui n'a pu produire de symptômes sur le manioc ait conféré les symptômes typiques du VLM-NN2 sur du tabac inoculé, laisse inexpliquée mon incapacité d'infecter le manioc. Plus étonnante encore est mon impuissance à récupérer le VLM-NN2 des semis de manioc

inoculés. Ces résultats soulèvent certains doutes quant au caractère vraiment latent du VLM sur le manioc. En outre, ils ne confirment pas l'opinion que VLM soit l'agent causatif de la mosaïque.

Mes tentatives de retourner VLM-NN2 au manioc ont été contrecarrées par deux causes : les aleurodes transférés sur le tabac infecté n'ont vécu que 60 minutes ; même ceux qu'on a laissés se nourrir pendant un très court laps de temps ont péri peu après. Jusqu'à ce qu'on ait trouvé une méthode plus fiable de retourner le VLM au manioc, son rôle — pour autant qu'il existe — dans l'étiologie de la mosaïque demeurera incertain. Néanmoins, je soupçonne l'intervention d'un complexe dans l'étiologie de la mosaïque.

L'origine du VLM-NN2 chez le tabac cultivé à Nsukka est inconnue, mais elle implique peut-être du manioc infecté de MM. Dans les régions où l'on a découvert le virus, le terrain destiné au tabac se trouvait à proximité de parcelles de manioc infecté. Le virus en question n'ayant été isolé d'aucun autre hôte naturel, il est très vraisemblable que le tabac ait été infecté à l'état de semis.

Les résultats auxquels je suis parvenu indiquent que le VLM-NN2 n'est plus une simple curiosité de laboratoire.

La brûlure bactérienne du manioc en Ouganda

G.W. Otim-Nape et T. Sengooba

Stations de recherche de serere, Soroti, et de Kawanda, Kampala (Ouganda)

Description de l'apparition et de la propagation de la brûlure bactérienne du manioc en Ouganda. C'est le premier document publié dans ce pays sur cette maladie. La brûlure, le flétrissement, l'exsudation de résine étaient relativement répandus, la province du Nil occidental ayant le taux d'infestation le plus élevé et le plus grave. Il est rapporté que cette maladie a peut-être été introduite par du matériel de plantation infesté provenant du Zaïre. On suggère aussi la possibilité de la transmission de cette maladie par un arthropode.

The incidence and spread of cassava bacterial blight (CBB) in Uganda is reported. This is the first record of the disease in the country. Blight, wilting, and gum exudations were quite common. West Nile Province had the highest and most serious infection. The year of appearance of the disease and the possibility of the disease having been introduced into Uganda through infected planting materials from Zaire are discussed. The possibility of arthropod transmission of the disease is suggested.

Le manioc a une grande importance comme plante-racine cultivée en Ouganda. Il constitue la principale ressource alimentaire dans la province du Nil occidental et est largement cultivé et consommé dans les provinces de l'est, du nord, et dans certaines parties de celles de l'ouest. En 1974, le pays a produit 2 350 000 tonnes de manioc sur 315 000 hectares (Ministère de l'agriculture et des forêts, 1975).

Jusqu'à récemment, le manioc ne souffrait que de peu de maladies graves : il s'agissait surtout de deux viroses : la mosaïque et la *brown streak*. Vers la fin de 1976, on a observé dans la province du Nil des foyers sérieux de taches sur feuilles, de brûlure et de flétrissement dus à *Xanthomonas manihotis*. C'était la première manifestation de cette maladie enregistrée dans l'Ouganda, bien que Hansford (1936) ait signalé une infection des feuilles et des tiges de manioc causée par *Bacterium cassavae*, qui est tout à fait différent de *X. manihotis*.

Une fois confirmée l'existence de la maladie dans les provinces du Nil et du nord, une enquête détaillée a été entreprise entre le 29 décembre 1977 et le 31 janvier 1978, dans le but de découvrir l'étendue et la virulence de l'infection en Ouganda. On pourrait alors délimiter les régions affectées et imposer les mesures phytosanitaires nécessaires partout où ce serait possible. Cet exposé décrit les observations recueillies dans cette enquête.

Matériel et méthodes

Autant que possible, l'enquête s'est étendue à plupart des régions. On a choisi spécialement deux ou trois districts représentant les trois quarts d'une province. Dans chacun d'eux, on a retenu un certain nombre de sous-comtés de façon, une fois encore, à couvrir les trois quarts de ces secteurs. Dans chaque sous-comté on s'est appuyé sur le réseau routier reliant la plus grande partie du pays, et tous les champs de manioc à proximité de ces routes ont été inspectés pour y découvrir la présence de la brûlure bactérienne. Dans chaque cas on a noté la virulence de l'infection (par évaluation visuelle des plants flétris, du dépérissement et de la brûlure des feuilles). L'échelle utilisée était de 0 à 5, le 0 signifiant absence de flétrissement ; 1 très peu de plants flétris ; 2 quelques plants flétris ; 3 nombre moyen (50 % ; 4 une majorité ; et 5 flétrissement total.

Dans certains cas, on arrachait quelques plants d'un champ pour examiner les racines et juger si la maladie en avait affecté la grosseur et la qualité. Les variétés cultivées ont été notées sous leur appellation locale.

On a également relevé les différents symptômes des plants et on les a inscrits comme suit : taches sur feuilles (T). brûlure (B) et flétrissement et dépérissement (F). On a fait le décompte des champs infectés et des non infectés et, à partir des chiffres obtenus,

on a établi le pourcentage de ceux atteints d'après le rapport suivant : (nombre total de champs infectés/ nombre total de champs comptés) × 100.

RÉSULTATS

Plusieurs auteurs ayant déjà décrit les symptômes de cette maladie, (Lozano et Booth, 1974 ; Lozano et Sequeria, 1973 ; Maraite et Meyer, 1975 ; Terry, 1975) nous n'y reviendrons pas ici en détail. Sur les feuilles, on remarque couramment des taches angulaires translucides sous éclairage direct. Ces taches, en se fusionnant, produisent les symptômes de la brûlure sur les feuilles. Dans des conditions favorables, elles entraînent la destruction de larges sections du limbe. Le flétrissement des lobes foliaires ou de feuilles entières et des tissus avant maturité, le dépérissement des plants à maturité, et des exsudations sont autant d'indices très fréquents.

Dans notre relevé, le flétrissement s'est révélé le symptôme le plus apparent, mais en pénétrant dans les champs infectés nous avons observé des brûlures et des taches angulaires sur les feuilles. Le flétrissement était également répandu et intense dans les champs parvenus à maturité, bien qu'on l'ait également constaté dans des récoltes ayant moins de six mois. Dans certains cas, les premières pousses des plants mis en terre se flétrissaient en atteignant la hauteur de 25 à 45 cm (vers les 3 mois), et de nouvelles pousses tendaient à les remplacer par la suite.

Dans divers champs anciens et fortement infectés, les racines de certains plants avaient pourri, ce qui pourrait être l'effet indirect de la maladie. Dans les champs infectés et parvenus à maturité, les racines étaient très petites et peu nombreuses.

Dans les districts de Lango, le pourcentage des champs infectés variait de 3 % dans le comté de Otuke à 84 %. En certaines régions de Moroto la virulence de l'infection variait fortement (Tableau 1) et semblait plus prononcée chez les maniocs cultivés dans des sols pauvres.

La fréquence et la gravité de la maladie ont été les plus prononcées dans les districts du Nil méridional, en particulier dans les sous-comtés de Attiak, Nyapea et Paidha, du comté d'Okoro. Ces régions se

Tableau 1. Fréquence et gravité de la brûlure bactérienne du manioc (BBM) en Ouganda.

District	Comté	Sous-comté	Variété affectée	Symptômes[a]	Champs infectés %	Gravité[b]	Remarques
Lango oriental	Erute	Adeko-kwok	Olepo Gwanda Konyodais	F.T.B.	50	3	
	Erute	Bar	Konyodak	F.B.	52	1	Peu de champs de manioc observés; pourridié observé dans les champs très infectés
	Erute	Lira	Olepo	F.B.T.	38	3	
	Moroto	Apala	Okonyodak Olepo, Amici, Acilacil	F.	14	5	
	Moroto	Omoro	Okonyodak	F.B.	83	2	
		Abako	Okonyodak	F.B.	67	2	
		Aloi	Okonyodak	F.B.	42	1	
		Amugo	Okonyodak	F.	84	2	
	Dokolo	—	Olepo, Okonyodak	F.B.T.	48	3	
	Otuke	Aduari	Olepo	F.	3	2	Peu de champs de manioc dans la région
	Otuke	Orum	—	—	—	—	Pas de champs de manioc
Lango occidental	Kele	Akulu	Olepo	F.B.	46	4	
	Kwania	Inomo	Olepo	F.B.	35	3	
	Oyam	Aduku	Olepo Okonyodak	F.B.	18	2	
	Maruzi	Apach	Olepo	F.B.	26	3	
		Cegere	Olepo Okonyodak	F.B.	20	2	*(à suivre)*

Tableau 1. (suite)

District	Comté	Sous-comté	Variété affectée	Symptômes[a]	Champs infectés %	Gravités[b]	Remarques
Acholi oriental	Chua	Labongo	Alepo	F.B.	44	3	Très peu de champs
		Kitgum	Alepo				
		Matidi	Okonyodak	F.B.	44	2	
		Mucwini	Alepo	F.	47	2	
	Lamwo	Madi Opei	Alepo	F.	38	2	
		Padibe	Alepo	B.F.	50	3	
	Aruu	Labongo	Alepo				
			Okonyodak	F.	36	1	Très peu de champs
Acholi occidental	Aswa	—	Alepo	F.B.T.	22	1	
	Omoro	—	Alepo				
			Okonyodak Acilacil	B.F.T.	38	2	
	Nwoya	—	Alepo				
			Okonyodak	F.T.B.	56	3	
	Kilak	—	Alepo	B.T.F.	14	1	
Nil méridional	Padyere	Nebbi	Olepo Okonyodak	F.B.T.	29	2	Taches des feuilles et brûlures très fréquentes sur les jeunes plants
	Okoro	Paidha	Alepo				
			Okonyodak	F.B.T.	30	1	
	Okoro	Nyapea	Tongolo	F.B.T.	48	3	
	Okoro	Attiak	Tongolo Terengule	F.B.T	58	4	Flétrissement prononcé des très jeunes plants
	Jonam	—	Tongolo Olepo	F.B.T.	51	3	
Nil central	Ayivu	Aroi	Tongolo Sanja				Très fortement affectés
	Terego	—	Terengule Tongolo Reregule Sanje	F.T.B.	61	5	Infection localisée
	Vurra	—	Yakobo Tongolo Yakobo Sanje	F.T.B.	38	3	
	Madi	—	Olepo Nyarua	F.T.B.	43	3	
				F.B.		2	
Nil septentrional	Maracha	Kijumure	Tongolo Sanje	F.B.	57	4	Infection localisée due sans doute au genre de plants et à des différences variétales
		Oluvu	Tongolo Sanje	F.B.T.	19	3	
		Nyadri	Tongolo Terengule	F.B.	18	1	
	Ilaboko	Midia	Tongolo	F.B.	14	1	

(à suivre)

Tableau 1. (fin)

District	Comté	Sous-comté	Variété affectée	Symptômes[a]	Champs infectés %	Gravité[b]	Remarques
	Aringa	Kwuru	Tongolo				
			Yakobo	F.B.T.	31	2	
	Aringa	Rumogi	Yakobo				
			Tongolo	F.B.	34	1	
Madi	W. Madi	Kura	Anderengala				
			Tongolo	F.B.	34		
	W. Madi	Nadu	Tongolo	F.B.T.	23	1	
	W. Madi	Bukele			21	1	
	E. Madi		Olepo				
			Konyodak	B.	16	1	
Bunyoro septentrional	Kibanda	Mutunda	Olepo				
			Gwanda	F.B.T.	31	3	
		Kiyrandongo	Olepo				
			Gwanda				
			Mpologoma	F.B.T.	43	2	
	Buruli	Kigumba	Mpologoma				
			Bukalasa	F.B.	42	3	
	Bujenje	—	Bukalasa				
			Gwanda	F.B.	43	2	
Bunyoro méridional	Buganya	—	Bukalasa				
			Gwanda	F.B.	25	1	Infection localisée
	Buhaguzi	—	Bukalasa				
			Gwanda	F.B.T.	15	1	Infection très localisée
	Bugangazi	—	Bukalasa				
			Gwanda	—	—	0	
	Buyaga	—	Bukalasa				
			Gwanda				
			Mpologoma	—	—	0	

a) F = Flétrissement ; B = Brûlure ; T = Tache sur feuilles
b) 0 = absence de flétrissement ; 1 = très peu de plants flétris ; 2 = quelques plants flétris ; 3 = nombre moyen (50 %) ; 4 = majorité ; 5 = flétrissement total.

trouvent aux frontières du Zaïre et les sols y sont sableux et pauvres. On a relevé beaucoup de flétrissement chez les tout jeunes plants, ce qui avait sensiblement réduit la croissance et la végétation des récoltes. Les premières tiges s'étaient flétries et avaient été remplacées par d'autres, si bien que des plants de manioc de 8 mois semblaient n'en avoir que 3. La proportion de champs infectés était considérable et la virulence de la maladie très prononcée (Tableau 1). Les variétés Tongolo, Sanja et Terengule, sans doute d'origine zaïroise ont semblé être les plus sensibles. Ayivu ainsi que l'ouest du comté de Terego, du Nil central, présentaient de nombreux cas d'infection à l'état avancé.

Par contre, dans les districts de Bunyoro méridional de la province occidentale, on n'a relevé aucune infection. Buganda, Busoga et certaines régions des provinces occidentales en étaient exemptes.

Discussion

La brûlure bactérienne du manioc est répandue dans presque tout le pays, ce qui laisse supposer

qu'elle y était présente depuis longtemps sans que l'on y ait prêté grande attention auparavant. On peut être certain que la maladie existait dans le pays bien avant 1970. Les cultivateurs du Nil se sont plaints du dessèchement des tiges et des feuilles de manioc en 1970–1971, mais on a confondu ces symptômes avec les effets de la mosaïque et avec les dégâts causés par des acariens. Rien n'avait été fait pour alerter les autorités compétentes.

Tentant de circonscrire la maladie à l'intérieur de la région affectée, les pouvoirs publics ont interdit toute introduction de manioc sous forme d'organes végétatifs, de sous-produits ou autrement, à partir des pays voisins ou d'une province de l'Ouganda dans une autre (Instruction officielle n° 27, 1977).

Le flétrissement des premières pousses des plants paraissant âgés de moins de six mois, et leur remplacement par de nouvelles pousses indiquent que des boutures infectées sont à l'origine de l'infection primaire. L'on savait déjà que des boutures infectées étaient parmi les principaux agents de transmission du pathogène (Lozano et Booth, 1974 ; Lozano et Sequeria, 1973 ; Lue et Chon, 1972 ; Maraite et Meyer, 1975).

Le pourridié des racines est peut-être un résultat indirect de la maladie. Il est reconnu que le *X. manihotis* se transporte systémiquement dans les tissus vasculaires et que la décoloration vasculaire peut s'étendre aux racines et les infecter (Lozano et Booth, 1974). Malheureusement, on n'a pu obtenir d'isolats des racines pourries et l'on ne peut donc ni confirmer ni infirmer le rôle du pathogène.

La virulence de la maladie dans la province du Nil et en d'autres endroits du pays est presque certainement reliée à la pauvreté des sols. Dans la province du Nil, ceux-ci sont en général des terres végétales sableuses ou sablo-argileuses avec un complexe d'éléments basiques inférieur à 40 %. Il est possible que ce manque de fertilité accroisse la sensibilité des récoltes à la maladie. La même observation a été faite par d'autres scientifiques dans diverses parties du monde. Au Zaïre, notamment, Hahn et William (1973) ont signalé que la maladie était plus grave dans les terres pauvres et sableuses. Mêmes observations de la part de Maraite et Meyer (1975), également rapportées par Terry (1975).

X. manihotis n'a jamais été signalé en Ouganda. Or, le pays contaminé le plus voisin est le Zaïre (Maraite et Meyer, 1975) et selon des informations locales, les cultivateurs du Nil occidental préfèrent les variétés hâtives et à rendement élevé du Zaïre qu'ils importent en Ouganda. Les variétés appelées localement Tongolo, Sanja, Yakobo et Terengule sont d'origine zaïroise reconnue. Il est donc très vraisemblable que la maladie ait envahi l'Ouganda par l'intermédiaire de plants provenant du Zaïre. Le fait que certaines régions de la province du Nil en bordure de ce pays soient devenues le centre d'infection le plus actif vient appuyer cette hypothèse.

La diffusion de la brûlure bactérienne du manioc en Ouganda est plus considérable qu'on ne le craignait et doit faire l'objet d'études plus poussées. L'on sait que des insectes et des acariens peuvent servir de vecteurs à des infections bactériennes sur de grandes distances. La teigne du manioc, une cause d'ennuis en Ouganda, est ainsi véhiculée par le vent, et divers criquets et aleurodes attaquent aussi la plante. Ces insectes peuvent donc aussi jouer un rôle dans la transmission du pathogène. On prévoit d'autres études pour préciser leur part d'intervention.

Les auteurs désirent remercier les directeurs des stations de recherche de Serere et de Kawanda qui ont financé leur enquête, ainsi que madame Muyiyi qui a dactylographié le manuscrit. Notre reconnaissance s'adresse également à tout le personnel agricole qui a aidé les auteurs. Cet exposé est publié avec l'autorisation du Commissaire à l'agriculture.

PROPAGATION DE *XANTHOMONAS MANIHOTIS* TRANSMIS AU MANIOC PAR DES INSECTES, DANS LA RÉPUBLIQUE POPULAIRE DU CONGO

J.F. DANIEL, B. BOHER ET N. NKOUKA

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE D'OUTRE-MER, BRAZZAVILLE (RÉPUBLIQUE POPULAIRE DU CONGO)

Détection par immunofluorescence de l'agent responsable de *Xanthomonas manihotis*, brûlure bactérienne du manioc, chez quatre espèces d'insectes phyllophages : *Chrysolagria cuprina*, *Gonocephalum simplex*, *Ischnotrachelus* sp., et *Zonocerus variegatus*. Des pathogènes ont été trouvés dans les fèces et le canal alimentaire de *C. cuprina*, *Ischnotrachelus* sp., et *Z. variegatus* qui avaient consommé des feuilles infestées sur les plantes expérimentales. L'existence de ces bactéries pathogènes dans l'appareil digestif, dans les fèces et quelquefois sur l'exosquelette de ces insectes en saison humide permet d'envisager qu'ils transmettent la brûlure bactérienne.

From four leaf-eating insect species, we detected the causal agent of cassava bacterial blight, *Xanthomonas manihotis* by immunofluorescence. The insects were *Chrysolagria cuprina*, *Gonocephalum simplex*, *Ischnotrachelus* sp., and *Zonocerus variegatus*. We found the pathogen in the feces and in the alimentary canal of *C. cuprina*, *Ischnotrachelus* sp., and *Z. variegatus* that had fed on infected cassava leaves of test plants. The presence during the rainy season of these viable pathogenic bacteria in the digestive system, feces, and occasionally on the exoskeleton of these insects suggests that they are disseminators of the cassava blight pathogen.

Le manioc, l'une des principales récoltes vivrières tropicales, est sujette à une grave maladie, la brûlure bactérienne (BBM), causée par *Xanthomonas manihotis*. Les symptômes, qui se manifestent durant la saison des pluies, sont parfois accompagnés de lésions dues à des insectes qui se nourrissent des feuilles (Fig. 1), en particulier dans les régions du Plateau Bateke et du Pool. La question se pose donc : quel rôle jouent les insectes dans la dissémination et la propagation de *X. manihotis*?

Divers auteurs ont allégué que des insectes peuvent transporter des bactéries pathogènes (Buddenhagen et Elsasser, 1962 ; Faure et alii, non daté ; Hayward et Waterston, 1965 ; Klement et alii, 1964). Cependant, aucune publication ne rapporte la preuve qu'ils jouent le rôle de vecteur dans la transmission de la brûlure bactérienne du manioc. Notre enquête préliminaire avait donc pour but d'établir ce rôle des insectes, dans la république populaire du Congo.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pendant la saison des pluies (1980) nous avons recueilli des insectes sur des plants de manioc malades, à l'aide de filets ou à la main, à Kombé (région du Pool) et à Odziba (Plateau Bateké). Les insectes inventoriés et examinés comme porteurs éventuels du *X. manihotis* étaient les suivants : *Chrysolagria cuprina*, sp *Ischnotrachelus*, *Gonocephalum simplex*, *Zonocerus variegatus* et *Pseudotheraptus devastans*.

Ces insectes ayant été transférés en laboratoire, les uns ont servi à des épreuves d'isolation et d'immunofluorescence, les autres étant mis en cages et nourris de plants de manioc malades.

Les insectes recueillis dans les champs infectés ont été placés séparément dans des éprouvettes stériles contenant 5 ml d'eau désionisée, avec une goutte de tween 80, et secouées pendant 30 minutes. Le liquide provenant de chaque éprouvette a servi à l'isolation sur milieu de culture d'YPDA (5 g d'extrait de levure, 5 g de bacto-peptone, 5 g de dextrose, 15 g d'agar, 1 000 ml H_2O, pH 7,2), et pour les tests d'immunofluorescence.

Chaque insecte ainsi « lavé » a ensuite été broyé dans de l'eau stérilisée qu'on a laissée reposer 15 minutes. Une pleine boucle de la suspension a été épandue en filets sur le milieu de culture ; le reste a servi au test d'immunofluorescence et à l'inoculation par infiltration des feuilles de manioc des plants mises à l'épreuve (Kaiser et Vakili, 1978).

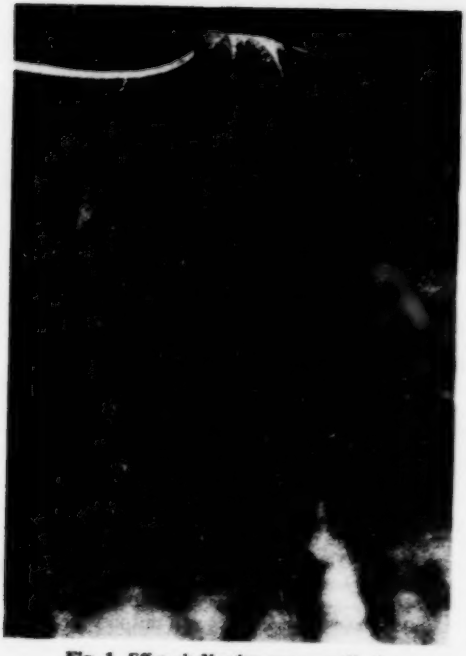


Fig. 1. *Effets de* Xanthomonas manihotis.

Des échantillons de 30 insectes, *C. cuprina*, sp *Ischnotrachelus* et *Z. variegatus* recueillis sur les plants infectés ont été lavés à l'eau stérilisée et disséqués. Nous en avons extrait le conduit digestif qui a été broyé dans de l'eau stérilisée et la suspension obtenue a servi ensuite aux tests d'isolation, d'immunofluorescence et d'inoculation.

Pour l'épreuve d'immunofluorescence, on a recouru à la méthode indirecte (Daniel et Boher, 1978) avec l'antisérum préparé contre des cellules entières d'une lignée de *X. manihotis* (A 113-2) isolées de plants de manioc infestés, au Congo. On a vérifié la spécificité de l'antisérum à l'égard de 60 variétés de bactéries prélevées de la phyllosphère du manioc et de la flore microbienne des insectes. Une pleine boucle du mélange en suspension d'eau de dilution et du conduit digestif broyé a été fixée thermiquement sur diapositive, colorée avec l'anticorps de fluorescéine par la méthode indirecte, et observée au microscope sous éclairage réfléchi aux ultra-violets (orthoplan Leitz).

C. cuprina, sp *Ischnotrachelus* et *Z. variegatus* ont été placés en cage sur des plants de manioc infestés et on les a laissés s'y nourrir par périodes de 24 heures, après quoi les insectes ont été transférés sur des plats de pétri stérile et les fèces ont été recueillies 12 heures plus tard. Ces dernières ont alors été placées dans des éprouvettes stériles avec 5 ml d'eau désionisée et agitées durant 15 minutes. La suspension obtenue a été répandue sur milieu de culture d'YPDA, utilisée pour le test d'immunofluorescence et analysée pour y découvrir la présence de *X. manihotis* par la méthode d'infiltration de la feuille.

Pour chaque isolation positive, deux isolats ont subi l'épreuve de pathogénicité du *X. manihotis*. À cette fin, nous avons recouru à la méthode d'infiltration de la feuille avec Mpembé comme variété sensible. Nous avons ensuite analysé les échantillons en infiltrant 10 taches par feuille, avec deux doubles. Une infiltration positive a produit une lésion angulaire trempée d'eau.

Résultats

Pour la plupart, les dégâts causés par les phyllophages semblent l'être par trois espèces. *C. cuprina*, sp *Ischnotrachelus*, et *Z. variegatus*. L'espèce *C. simplex* peut infliger de sérieux dommages au feuillage mais n'est pas très répandue dans les champs du Congo. *P. devastans* perce les tiges, provoque la formation de chancres et parfois la défeuillaison. Les dégâts causés par les phyllophages surviennent surtout pendant la saison des pluies, bien que l'on puisse observer de nombreuses populations de *C. cuprina*, *Z. variegatus* et *P. devastans* pendant la saison sèche également.

Dans les champs, les endroits où se nourrissent *C. cuprina*, sp *Ischnotrachelus* et *Z. variegatus* concordent fréquemment avec la présence de lésions bactériennes.

X. manihotis, pathogène du manioc, a été détecté par immunofluorescence et isolé de quatre espèces d'insectes recueillies dans des champs naturellement infectés (Kombé, Odziba) (Tableau 1). Les insectes porteurs de bactéries pathogènes appartenaient aux mêmes espèces que celles qui ravageaient les feuilles du manioc. C'étaient des coléoptères phyllophages (*C. cuprina*, sp *Ischnotrachelus*, *G. simplex*) ainsi que le criquet (*Z. variegatus*). Dans nos expériences, il nous a été impossible de détecter par immunofluorescence ou d'isoler le pathogène de la BBM chez le *P. devastans* provenant de champs infectés. Cependant 20 % des phyllophages recueillis étaient porteurs de bactéries pathogènes viables (Tableau 1).

Nous avons vérifié les propriétés pathogènes de 95 cultures de *X. manihotis* isolées des insectes. Tous les isolats ont provoqué des lésions aqueuses sur les plants et ils étaient semblables, quant à leurs colonies, leur morphologie, leur physiologie et leur pathogénicité, au *X. manihotis* isolé des lésions cau-

Tableau 1. Détection par immunofluorescence (IF) et isolation sur culture d'YPDA du *X. manihotis*, provenant d'insectes recueillis sur des feuilles de manioc infectées.

Espèces d'insectes	N. analysés	Eau de lavage		Insectes broyés	
		IF	Isolation	IF	Isolation
Chrysolagria cuprina	105	11	1	41	23
Gonocephalum simplex	12	0	0	7	4
Ischnotrachelus sp.	297	21	5	137	54
Pseudotheraptus devastans	50	0	0	0	0
Zonocerus variegatus	100	7	5	63	28

sées par brûlure bactérienne du manioc, et aux variétés de la collection.

Occasionnellement, nous avons détecté *X. manihotis* et l'avons isolé de l'eau de lavage de 2 % des insectes provenant des champs. On l'a également détecté et isolé à l'état pathogène viable du conduit digestif et des excréments de trois espèces d'insectes : *C. cuprina*, sp *Ischnotrachelus* et *Z. variegatus* (Tableau 2). Ces résultats indiquent que le pathogène reste viable et conserve ses propriétés infectieuses dans le système digestif de ces insectes, et même après l'avoir traversé. Les résultats préliminaires touchant la survivance de *X. manihotis* dans les excréments de *Z. variegatus* démontrent qu'il reste viable parfois pendant 4 mois, à la température ambiante (22–24 °C).

Toutefois, 40 % seulement des insectes détectés par immunofluorescence comme porteurs de *X. manihotis* contenaient des bactéries pathogènes viables (culture sur YPDA). Le même pourcentage de viabilité s'applique aux pathogènes présents dans les excréments des insectes. Cette constatation laisse supposer que l'activité de l'inoculum bactérien est réduite dans le sysème digestif et dans les excréments des insectes ou est inhibée par la flore microbienne des insectes sur la culture d'YPDA.

Pendant toute la saison des pluies (octobre–mars) et durant une partie de la saison sèche (jusqu'en août, derniers chiffres), on a vérifié la présence de *X. manihotis* dans les organes de deux espèces : *Z. variegatus* et *C. cuprina*. Cependant, en saison sèche, sp *Ischnotrachelus* ne s'est pas manifesté ou seulement en faible population.

Discussion

Nos recherches avaient pour but d'établir le rôle des insectes dans la propagation de la brûlure bactérienne du manioc en République populaire du Congo. Les premiers résultats indiquent que, dans les cultures normales, *X. manihotis* peut être transmis par des espèces d'insectes phyllophages comme *C. cuprina*, sp *Ischnotrachelus* et *Z. variegatus*. L'espèce *G. simplex*, a-t-on constaté, peut aussi transporter la bactérie, mais sa population dans les champs n'est pas considérable.

La présence de bactéries pathogènes viables dans le système digestif, les excréments et, parfois, sur l'exosquelette de *C. cuprina*, sp *Ischnotrachelus* et *Z. variegatus* pendant la saison des pluies (période de propagation) permet de croire que ces insectes servent de vecteurs du *X. manihotis* et communiquent la maladie. La propagation par les insectes d'inoculum bactérien des plants infectés aux plants sains est facilitée par l'aptitude du pathogène à survivre à l'état d'épiphyte sur les parties aériennes du manioc (Daniel et Boher, 1978 ; Persley, 1978). Seulement 40 % des insectes sur lesquels la présence du pathogène a été décelée par immunofluorescence ont fourni des isolats viables de *X. manihotis*. Cette constatation peut refléter l'aptitude des insectes à réduire le nombre de cellules viables de l'inoculum bactérien, ou l'effet inhibiteur de certaines variétés de flore microbienne des insectes sur *X. manihotis*.

L'inoculation active des plants par des insectes

Tableau 2. Détection, isolation et pathogénicité de *X. manihotis* provenant d'insectes et d'excréments recueillis sur des plants infectés, en cages.

	Ischnotrachelus sp.			*Chrysolagria cuprina*			*Zonocerus variegatus*		
	IF	Isolation	Path.	IF	Isolation	Path.	IF	Isolation	Path.
Système digestif	12	5	+	15	12	+	14	2	+
Exosquelette (avec eau)	3	1	+	0	0	0	4	2	+
Excréments	8	3	+	5	4	+	14	9	+

phyllophages reste encore à démontrer. Les résultats obtenus n'ont pas permis de déterminer si les lésions bactériennes se produisent aux endroits où les insectes se nourrissent, ou si les insectes se nourrissent de préférence sur les tissus infectés. Cependant, les dommages causés par les phyllophages favorisent le développement des lésions. L'efficacité avec laquelle les trois espèces d'insectes propagent *X. manihotis*, surtout à de grandes distances, reste inconnue.

Le pourridié du manioc dû à *Armillariella tabescens* en république populaire du Congo

Casimir Makambila

Département de biologie et physiologie végétales, Université Marien Ngouabi. Brazzaville (République populaire du Congo)

Armillariella tabescens (Fr) Sing est l'agent pathogène du pourridié du manioc en république populaire du Congo. Les prospections effectuées dans de nombreuses localités ont montré que *A. tabescens* édifie dans le sol des rhizomorphes « subterranea » (organes infectieux) externes et des rhizomorphes « subcorticalis » internes, par rapport aux organes attaqués dans les tubercules. L'utilisation pendant les bouturages de boutures déjà infectées, la période de conservation des tubercules dans le sol souvent très longue (3 à 4 ans) sont des pratiques culturales qui contribuent au maintien de la maladie. Certaines mesures tendant à réduire les pertes et qui consistent à arracher les tubercules après 3 ans de conservation dans le sol, et les commercialiser sont conseillées aux paysans. Cependant leur application se heurte à des obstacles liés aux problèmes de commercialisation, à l'état de l'infrastructure routière et la psychologie des paysans.

Armillariella tabescens is the pathogenic agent of cassava root rot in the People's Republic of Congo. Studies carried out in many areas have shown that cassava is attacked by external "subterranean" rhizomorphs and internal "subcortical" rhizomorphs. Agricultural practices, such as the use of stakes that are already infected and the often very long period (3-4 years) during which roots are preserved in the ground contribute to the maintenance of the disease. Farmers are receiving advice concerning measures aimed at reducing losses, such as harvesting roots and marketing them after 3 years. However, these measures are encountering problems deriving from marketing and road conditions and the farmer's reluctance to abandon traditional practices.

Le manioc représente la culture la plus répandue et la principale source d'hydrates de carbone parmi toutes les plantes à racines et tubercules amylacés (manioc, patate douce, igname et taro) cultivées en république populaire du Congo. Dans les zones productrices de manioc, la culture est réalisée en général sur de petites superficies sur lesquelles le manioc peut être associé ou pas à d'autres cultures.

Plusieurs facteurs limitent actuellement la production du manioc au Congo. Ce sont par exemple :

- la grande diffusion dans les régions productrices des variétés locales à faible rendement ;
- les méthodes traditionnelles de préparation du sol ;
- la présence de nombreux ennemis et maladies récemment introduits (par exemple la bactériose du manioc causée par *Xanthomonas manihotis*) ou anciennement établis, notamment les pourritures dues au genre *Armillariella*.

La pourriture due au genre *Armillariella* qui fait l'objet de cette étude représente par son extension et les pertes dont elle est reponsable, le plus important ennemi du manioc en république populaire du Congo.

Elle a été observée dans plusieurs endroits dans la partie Sud du pays. Les plantations des localités suivantes ainsi que celles de leur périphérie ont été prospectées (Fig. 1); Odziba Mbe, Kinkala Boko, Mindouli, Kindamba, Vingza, Madingou, Sibiti, Komono, Mossendjo Mayoko, Makabana, Mont-Belo, le massif forestier du Mayombe et Pointe-

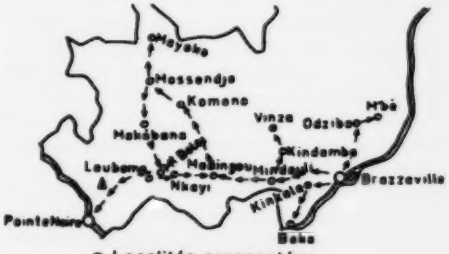


Fig. 1. *République populaire du Congo (partie sud) : différentes localités prospectées.*

Noire. En savane, la culture est pratiquée en écobuage (Makany, 1976) et en forêt, sur brûlis. Dans les localités où ces deux types de végétation existent la culture est pratiquée en savane et en forêt.

Symptômes

Les symptômes ont été observés sur des plantes âgées de deux à quatre ans. Chez de nombreuses plantes autres que le manioc, attaquées par *Armillariella*, les symptômes aériens apparaissent après l'attaque d'une ou de plusieurs racines. Sur le manioc, l'apparition des symptômes et leur évolution varient selon qu'il s'agisse des variétés à port rampant ou dressé. Sur les variétés à port dressé, les symptômes apparaissent lorsque toutes les racines (tubérisées et non tubérisées) sont atteintes et détruites. Ces symptômes débutent par un jaunissement des lobes foliaires, suivi d'un dessèchement de ceux-ci, et du pétiole qui se détache par la suite de la tige. La tige et les rameaux deviennent nus et meurent par la suite. Sur les plantes à port rampant, ces symptômes n'ont pas été observés, même chez certaines plantes ayant leur appareil souterrain détruit.

Sur la tige les symptômes apparaissent tout d'abord sur le collet au niveau duquel l'écorce craque ou se fend. Celle-ci laisse apparaître des fissures à l'intérieur desquelles se propagent des filaments mycéliens organisés en palmettes noirâtres. Sur les plantes à port dressé attaquées, ces palmettes progressent le long de la tige jusqu'à 1 ou 1,5 m du sol (Fig. 2). Elles ne colonisent que la base du collet chez les plantes à port rampant, sans dépasser plus de 20 cm du sol. Dans le sol et au voisinage du collet des plantes atteintes, de nombreux rhizomorphes « subterranea » cylindriques allongés et ramifiés ont été observés (Fig. 3). Ces rhizomorphes sont soit aplatis contre la bouture ou le tubercule et rampent le long de ceux-ci, soit ont leur base accrochée à la bouture ou au tubercule et se propagent dans le sol par leur apex. Les coupes transversales et longitudinales réalisées et observées rappellent une structure déjà décrite par Townsend (1954) et Guillaumin (1967, 1968). Pendant la saison pluvieuse le mycélium situé au niveau du collet différencie les nombreux carpophores disposés en touffes et supportés par des tiges sans anneau.

Les tubercules atteints se recouvrent d'un réseau de rhizomorphes « subterranea » ramifiés, brunâtres qui sont à l'origine de l'infection (Fig. 4). Sur les tubercules très atteints il est possible d'observer sur leur écorce un réseau de palmettes noires qui se développent dans le cylindre central et émergent verticalement en éventail à la surface du tubercule. D'abord blanchâtre, leur extrémité brunit puis noircit par la suite (Fig. 5.) Ces organes constituent des sortes de pseudo-sclérotes. La coupe longitudinale

Fig. 2. *Tige de manioc portant des plaques de mycélium localisées entre l'écorce et le bois.*

Fig. 3. *Tige de manioc âgée de 4 ans (région du collet) avec présence de rhizomorphes « subterranea ».*

Fig. 4. *Réseau de rhizomorphes « subterranea » recouvrant un tubercule de manioc.*

d'une portion de tubercule atteint permet d'observer dans le cylindre central de nombreuses palmettes

Fig. 5. *Surface externe du tubercule jalonnée de pseudo-sclérotes.*

larges de 0,5 cm à 2,5 cm qui croissent de façon centripète ou centrifuge par leur apex. Dans ce cylindre central, des lignes noires s'allongent sur plusieurs centimètres ou délimitent des surfaces noires ovales qui résultent d'un brunissement de certaines parties des palmettes. Ces masses sombres (Fig. 6) semblables à celles qui se développent sur l'écorce, et que nous avons décrites plus haut seraient, selon Campbell (1934), des pseudo-sclérotes. Les palmettes se différencient dans la région centrale du cylindre des rhizomorphes « subcorticalis » blancs rubanés ayant l'aspect de fins filaments (Fig. 7 et 8).

L'INFECTION DES TUBERCULES DE MANIOC

L'infection peut être réalisée par les rhizomorphes « subterranea » suivant un mécanisme déjà décrit (L. Roger). Les rhizomorphes recouvrent d'abord le tubercule et émettent dans l'écorce des filaments mycéliens indifférenciés à partir de certains points au niveau desquels ils adhèrent à la surface du tubercule par des cellules « crampons ». À partir de ce point d'infection, les filaments mycéliens s'installent dans l'écorce, puis s'agrègent en palmettes. Ces palmettes vont soit s'étendre entre l'écorce et la région périphérique du cylindre central, soit évoluer vers le centre du cylindre central. La progression des palmettes s'accompagne d'une libération de substances chimiques qui dégradent les tissus environnants.

Les autres tubercules infectés sont atteints par simple généralisation de l'agent pathogène à partir de la bouture repiquée dans le sol. En présence des

Fig. 6. *C.L. du tubercule illustrant un pseudo-sclérote.*

conditions humides, l'agent pathogène gagne le tubercule par l'intermédiaire de son pédoncule.

La pluie et l'humidité contribuent au développement de l'agent pathogène et à la propagation des rhizomorphes « subterranea ». Des tubercules atteints, prélevés en saison pluvieuse sont recouverts par de nombreux rhizomorphes brunâtres en état de croissance. En période sèche très peu de rhizomorphes présentant une activité de croissance ont été observés sur les tubercules atteints. D'autre part, nos observations ont montré que la maladie se propage beaucoup plus vite dans les zones où ces deux facteurs sont présents constamment notamment en zone forestière.

La température signalée comme facteur intervenant dans l'initiation et le développement des rhizomorphes ne semblerait pas exercer de contraintes sur la rhizomorphogenèse. Des rhizomorphes ont été observés sur les tubercules attaqués, dans les diverses localités prospectées, caractérisées par des températures variant entre 20 et 30 °C pendant les saisons sèches et pluvieuses.

Fig. 7. *Mycélium agrégé en palmettes dans le cylindre central.*

Fig. 8. *Cylindre central de tubercule colonisé par de nombreuses palmettes.*

Action de la topographie et de l'âge des plantes

Dans les plantations de manioc installées sur des terrains en pente, les plantes les plus atteintes de pourriture ont été observées au pied des collines qui représentent très souvent des zones très humides et mal drainées par rapport au versant ou au sommet des collines. Les dégâts les plus importants ont été relevés dans les plantations de manioc âgées de trois à quatre ans. Ces dégâts deviennent plus sérieux lorsque la période de conservation des tubercules dans le sol se prolonge à quatre ans.

Facteurs contribuant au maintien de la maladie

Certaines techniques culturales pratiquées dans ces zones productrices de manioc contribuent au maintien de l'agent pathogène dans le sol. La culture du manioc est pratiquée sur de petites étendues dans lesquelles la pratique courante consiste à récolter les tubercules au fur et à mesure des besoins pendant deux à quatre ans. Une longue période de conservation expose les tubercules aux infections. Ces tubercules infectés constituent secondairement d'importantes sources d'inoculum à partir desquelles les rhizomorphes « subterranea » édifiés à leur niveau se propagent dans le sol et infectent d'autres organes. De même, l'utilisation des boutures déjà infectées permet en présence d'humidité, le développement et la propagation de l'agent pathogène vers les nouveaux organes (racines tubérisées et non tubérisées) et dans le sol.

Discussions et conclusions

L'observation des plantes atteintes de pourriture dans différentes localités prospectées nous a permis de constater qu'à certains moments de l'année le genre *Armillariella* édifie des carpophores au niveau des collets. Si l'on s'en tient uniquement à la morphologie des fructifications, notamment l'absence d'anneaux, il nous est alors permis d'attribuer ces symptômes à *Armillariella tabescens*. Cette espèce jusque-là inconnue en Afrique centrale a beaucoup plus été signalée dans la région méditerranéenne (Tunisie) sur *Eucalyptus* (Delatour, 1969) ; dans le sud des États-Unis, sur arbres forestiers (Filer et McCracken, 1969) ; sur le pacanier en Georgie (Takas et alii, 1970), sur *Citrus* en Floride (Rhoads, 1948) et sur le quinquina en Haute Guinée (Heim et Jacques Félix, 1953).

D'autres espèces appartenant au même genre signalées en Afrique Centrale pourraient bien exister au Congo. Ce sont : *A. elegans* (Heim) forme à anneau (intermédiaire entre *A. mellea* et *A. tabescens*) est signalée sur le caféier à Madagascar et au Cameroun (Dadant, 1963), Heim, 1963). *A. mellea* forme à anneau, signalée sur caféier et théier en Tanzanie (Wallage, 1935) ; sur théier, cacaoyer et Hévéa en Ouganda (Hansford, 1937) ; sur caféier au Malawi (Leach, 1932, 1937) ; sur théier et résineux au Kenya (Goodchild, 1958 ; Gibson, 1960 ; et Olembo, 1971). Les autres *A. fuscipes* (Petch) et *A. luteobubalina* sp. n'ont pas encore été décrites en Afrique. L'absence ou la présence des anneaux retenues comme caractère de classification ne paraît pas être suffisant pour réaliser la systématique de ces

différentes espèces. Celui-ci devrait être complété par d'autres caractères morphologiques et cytologiques des thalles, ce qui permettrait de voir si des espèces peu connues actuellement en Afrique (*fuscipes et elegans*) n'ont pas été mentionnées sous le nom de *mellea*.

Dans certains cas, les symptômes aériens décrits couramment sur les plantes atteintes de pourridiés n'ont pas pu être observés. Les variétés de manioc à port rampant ne manifestent pas de symptômes malgré la désorganisation de leur système racinaire. Chez de telles plantes, des racines sont nouvellement édifiées au-dessus du collet. Celles-ci alimentent activement la partie aérienne qui ne peut plus en conséquence manifester de symptômes.

Dans les différentes localités prospectées, des rhizomorphes ont été observés sur les tubercules attaqués. *A. tabescens* est donc capable d'initier des rhizomorphes « subterranea » et « subcortalis » sur les organes attaqués en climats équatorial et tropical. La température exerce-t-elle des contraintes sur l'initiation et le développement des rhizomorphes en climats tropical et équatorial ? Pour certains auteurs en dehors d'une gamme de températures allant de 15 à 25 °C, l'initiation des rhizomorphes dans le sol est lente, inhibée à 30 °C, (Rishbeth, 1963). Pour d'autres, la température influe sur le nombre de rhizomorphes. Selon ceux-ci le nombre de rhizomorphes initiés à 15 °C est plus important qu'à 25 °C mais le poids total sec de rhizomorphes obtenus est peu modifié (Redfern 1973). Swift (1962) signale que l'Armillaire ne différencie pas de rhizomorphes dans les régions tropicales. Ces observations très opposées aux nôtres devraient être prises en considération avec beaucoup de prudence.

La pourriture des tubercules de manioc due à *A. tabescens* pose un sérieux problème à la culture du manioc. Celle-ci s'étend sur de grandes superficies dans la plupart des régions forestières productrices de manioc et est maintenue par les pratiques culturales qui demeurent encore traditionnelles dans ces régions. Les méthodes de lutte (méthodes curatives) qui consistent à utiliser des produits (bouillie bordelaise, chlorure mercurique, solutions iodoiodurées) sont inconnues dans ces régions. Leur application pourrait se heurter à de nombreuses difficultés, par exemple leur coût très élevé.

Les méthodes de lutte préventive qui utilisent des génotypes améliorés contre la bactériose et la mosaïque du manioc, n'ont pas encore été introduites dans le cadre d'un programme de lutte contre le pourridié à *Armillariella* sur le manioc, en Afrique.

Pour tenter de réduire les pertes de plus en plus importantes, il est demandé aux paysans de réduire la période de conservation des tubercules dans le sol, à deux ou trois ans, et de les commercialiser. Cependant l'application de cette mesure se heurte à de nombreux obstacles, dont certains de nature psychologique ; les paysans, héritiers de certaines pratiques culturales, les conservent jalousement et ne peuvent s'en débarrasser facilement bien que certaines d'entre elles présentent quelques inconvénients. D'autres obstacles sont liés d'une part à l'évacuation du manioc, après la récolte, vers les grands centres urbains, et d'autre part à la commercialisation de ce produit. À tout cela, il faudrait aussi ajouter les difficultés posées par l'état de l'infrastructure routière qui est difficilement utilisable pendant certaines périodes de l'année. Tous ces obstacles freinent l'exécution de cette mesure. La mise au point d'une méthode de lutte préventive qui consisterait à produire des génotypes résistants au genre *Armillariella* pourrait contribuer à réduire les pertes enregistrées dans la production du manioc en république populaire du Congo.

La sélection en vue de la résistance à la teigne du manioc

K. Leuschner

Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan (Nigéria)

Résultats d'une recherche sur les méthodes de sélection en vue d'introduire le caractère résistance à la teigne, précédés d'un aperçu de l'histoire, de la biologie, des symptômes et du comportement de ce ravageur. La création de cultivars résistant à la teigne constitue une solution économique à long terme. On a trouvé, en Tanzanie et à Zanzibar, des clones résistants à la fois chez les espèces locales et le matériel génétique d'IITA. Au Nigéria, on a procédé à l'évaluation en fonction de la résistance à la teigne de toutes les espèces disponibles ainsi que des plantations de 1980, à l'aide d'une échelle de 1 à 5 où le 1 signifiait résistance élevée et le 5, haute sensibilité. Vingt-sept clones ont été retenus pour leur résistance à la teigne et ils font actuellement l'objet de tests plus poussés comprenant :

- la surveillance de la population de teignes pendant 12 mois ;
- le contrôle de la croissance des clones, les variétés les plus vigoureuses paraissant aussi être les plus résistantes;
- l'identification des mécanismes de la résistance tels que pubescence (les feuilles duvetées étant comparées aux feuilles lisses en termes de population de teignes) ; et
- contrôle de la reproduction de la teigne-femelle (nombre d'oeufs, nymphes, mortalité et durée de chaque stade).

After a brief introduction on the history, symptoms, yield loss, biology, and behaviour of the green spider mite, the paper outlines the methods for screening cassava varieties for resistance to the pest. In Tanzania and Zanzibar, resistant clones have been identified from local and IITA germ plasm. In Nigeria, at present all available germ plasm and the 1980 seedlings have been evaluated for resistance. For this a scoring system ranging from 1 to 5 has been developed, 1 being highly resistant and 5 highly susceptible; 27 clones from the germ plasm have been identified as less susceptible. At present, these clones are being tested more intensively. The testing program includes :

- Monitoring the mite population on each clone for 12 months;
- Monitoring plant growth because the vigorously growing clones seem to withstand green spider mite effectively.
- Identifying the mechanisms of resistance, such as pubescence (shaved and unshaved leaves are compared in terms of mite population development); and
- Monitoring reproduction of the female insects (number of eggs, egg and nymph mortality, and length of time needed for each development stage).

La teigne, *Mononychellus tanajoa*, a été découverte en Afrique centrale et orientale et progresse actuellement dans les pays de la côte ouest.

L'insecte étant nouveau dans le système agro-économique de l'Afrique, on ne lui connaît encore aucun ennemi naturel, prédateur ou pathogène, qui enraie son envahissement. On a pu, au cours de ces dernières années, commencer la sélection naturelle de variétés de manioc moins sensibles, mais sans grand effet sur la situation générale. Heureusement, la possibilité existe, du côté humain, de renforcer et d'accélérer les moyens de lutte.

Le Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC) a mis sur pied un programme de lutte biologique. La sélection de cultivars résistants a débuté en Tanzanie, sous la direction de Shukla (1975) à partir de clones de manioc local. Plus tard, des semis de l'IITA ont été sélectionnés pour la résistance à l'insecte, et l'on a pu remarquer en Tanzanie et à Zanzibar divers indices favorables.

En 1979, la teigne a fait son apparition au Nigéria et, dès le commencement de 1980, l'IITA inaugurait un programme de sélection. Les deux projets, lutte biologique et sélection pour la résistance se poursuivent en étroite collaboration avec des institutions scientifiques nationales comme l'Institut de recherche et de formation agricoles et l'Institut national de recherche pour les plantes-racines, à Umu-

dike. De plus, des stagiaires de la recherche d'autres pays africains viennent s'instruire à l'IITA pour pouvoir, ensuite, animer des programmes de protection dans leur propre pays.

Le programme de recherche sur la teigne au Nigéria, se concentre sur les points suivants :

- Biologie et écologie de la teigne ;
- Sélection de cultivars résistants ;
- Lutte biologique ;
- Lutte culturale ; et
- Lutte chimique.

Symptômes et économie

La teigne du manioc (TM) attaque les jeunes pousses de la plante (Fig. 1). Comme symptômes apparents, les jeunes feuilles restent petites, ne s'étalent pas et deviennent spinifères. Les feuilles étalées portent des taches jaunes plus ou moins étendues, pouvant ressembler aux symptômes de la mosaïque, et la défeuillaison se propage vers le bas des pousses. Étant donné que la teigne, contrairement au tétranyque, préfère les jeunes pousses, la perte de feuillage peut être totale si les deux espèces infestent en même temps les mêmes plants.

Comme la découverte de la teigne n'est que de date récente au Nigéria, on ne dispose pas encore de données sur les pertes que l'insecte aurait pu infliger à la culture du manioc. Des études effectuées par Nyiira (1975) en Ouganda indiquent que les pertes de rendement pourraient atteindre 40 % en cas d'infestation grave.

Écologie, biologie et propagation

La teigne est un insecte des saisons sèches, caractéristique qui a été confirmée en Ouganda où on en remarque de nombreuses populations en périodes sèches. Les pluies lessivent une forte proportion des parasites sur les feuilles, bien qu'ils puissent

Fig. 1. *Teignes attaquant des jeunes pousses de manioc.*

survivre à la saison pluvieuse en nombre encore dangereux.

Des premières observations au Nigéria, il résulte qu'au plus fort de la saison sèche, lorsque la croissance du manioc se ralentit, les teignes sont peu nombreuses. La raison en est probablement que les insectes se nourrissent de préférence des jeunes pousses succulentes que la plante ne produit presque plus à cette époque. D'après les études sur le terrain menées par T. Akinlosotu (communication personnelle) il ressort clairement que les populations d'insectes atteignent deux sommets : l'un au début de la saison humide (avril–mai), l'autre à la fin de cette même saison (octobre–novembre). Ce genre d'observation est capital pour tout travail de sélection.

Chez les teignes, les mâles et femelles sont tous deux présents à la période de la reproduction. La femelle pond des oeufs, fécondés ou non. La durée de la ponte est de 12 à 23 jours et le nombre d'oeufs est d'environ 70 par femelle. L'évolution complète de l'oeuf à l'insecte parfait ne couvre que 8 à 13 jours. La température optimale pour la ponte est de 28 °C. Les teignes peuvent pondre à des humidités relatives de 10 à 100 % ; les conditions les plus favorables se situent, cependant, entre 50 et 70 % HR.

Propagation et prévention

Le TM se propage par l'intermédiaire de boutures infectées ainsi que par voie aérienne. La façon précise par laquelle les insectes sont transportés sur les boutures reste inconnue, peut-être quelques-uns d'entre eux, ou des oeufs, sont-ils dissimulés dans des interstices des boutures. Le mode de propagation le plus fréquent dans un pays est le vent. Le matin, les teignes adultes descendent des feuilles le long de fils soyeux. Des courants aériens, même légers, peuvent alors les enlever et les transporter au loin, parfois à grandes distances, ce qui explique sans doute leur rapide propagation dans tout le Nigéria.

Muaka-Toko (1979) a examiné 18 espèces différentes de plantes sauvages comme réserves possibles des teignes. Son étude comportait 9 espèces d'euphorbes. Sur aucune d'elles on n'a détecté la présence de teignes. D'autres recherches devront nécessairement confirmer cette observation.

Sélection en vue de la résistance

Conjointement avec les études centrées sur l'insecte, d'autres s'attachent à la plante elle-même. L'IITA a mis au point des méthodes de sélection du matériel génétique disponible pour la résistance du manioc à l'infestation. Ces méthodes se fondent sur le développement des symptômes, la population des teignes et le cycle végétatif des plants.

Pour la vérification des très nombreux éléments de manioc compris dans le matériel génétique et la pépinière de semis, on a adopté une méthode de classement reposant sur les symptômes. On a ainsi établi cinq catégories d'évaluation : (1) pas de changement apparent ; (2) quelques taches blanchâtres sur les jeunes feuilles non étalées et sur les premières étalées ; (3) taches chlorotiques distinctes couvrant les feuilles incomplètement étalées et les feuilles plus âgées et étalées, dimensions des feuilles réduites de 25 % ; (4) feuilles apicales non étalées, réduction des feuilles à plus de 50 % de leur dimension, chlorose prononcée et, peut-être, infestation des feuilles plus âgées ; (5) nécrose ou improductivité des pousses, infection des feuilles âgées, peu ou pas d'infestation des feuilles basses et étalées, et aspect gommeux.

À l'aide de cette méthode, nous avons évalué à l'IITA tout le matériel génétique disponible ainsi que la pépinière des semis de 1980. Seuls ont été retenus en vue d'essais ultérieurs les plants et les clones classés 1 ou 2. Des 1 100 exemplaires de matériel génétique, seulement 20 ont été retenus et repiqués en parcelles mesurant 5 × 3 m, en double reproduction.

Dans la pépinière de semis, tous les plants cotés 1 et 2 ont été étiquetés pour être transplantés ultérieurement. Ainsi, 400 boutures sur 200 000 ont été sélectionnées comme démontrant un degré élevé de résistance.

Les plants révélés résistants durant le premier cycle de sélection (Fig. 2) font actuellement l'objet d'un relevé direct de leur population de teignes et d'un contrôle suivi de la végétation.

Le décompte des teignes en sens vertical depuis l'extrémité des pousses jusqu'à la 10^{e} feuille a permis de constater que la quatrième feuille, environ, est l'endroit se prêtant le mieux à ce calcul, en termes de manipulation et de densité de la population. Sur cette feuille, on n'examine que le lobe central pour le véritable décompte au microscope. En tout, on choisit chaque semaine quatre feuilles par clone. La population des teignes est contrôlée pendant une période de 12 mois et les chiffres de population sont ensuite mis en corrélation avec l'échelle des symptômes. On a constaté que les plants sans symptômes peuvent abriter un nombre élevé de teignes.

La végétation des plants témoigne de leur vigueur, laquelle est elle-même un facteur contributif fréquent de leur résistance. Pour contrôler ce point,

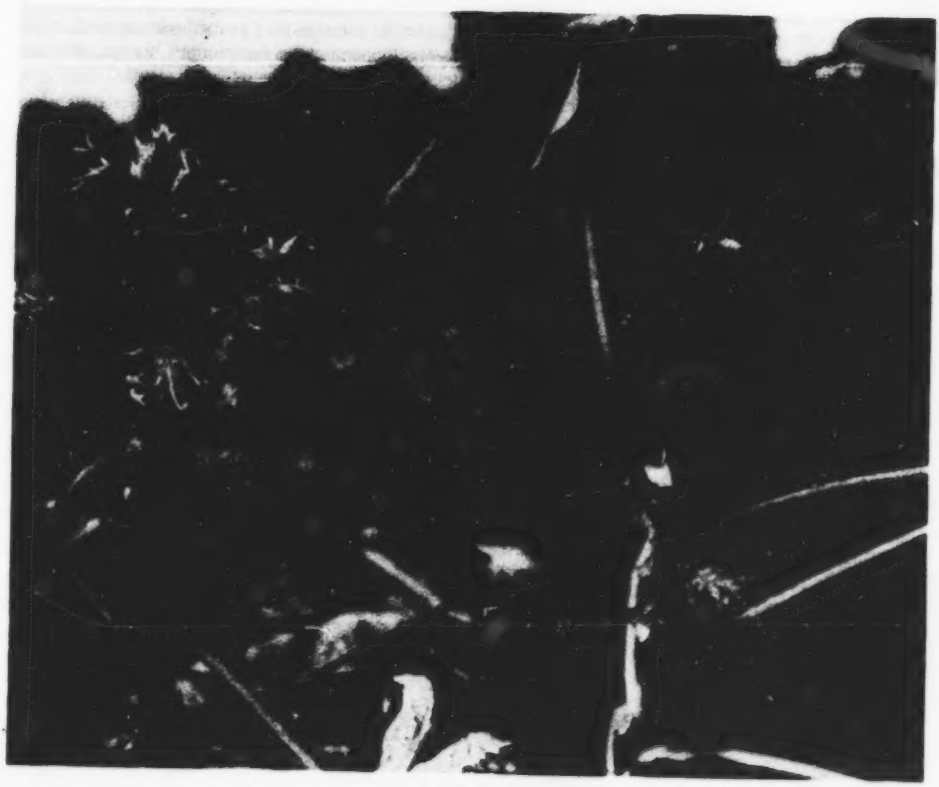


Fig. 2. *La résistance à la teigne a varié considérablement.*

on étiquette la première feuille repliée et, à intervalles d'une semaine, on compte le nombre de feuilles à partir de celle-là jusqu'à la plus récemment repliée. La méthode est plutôt sommaire, mais elle est la plus pratique, compte tenu de la quantité de matériel à traiter à l'IITA.

Un nombre élevé de clones sélectionnés comme résistants à la teigne montrent divers degrés de pubescence sur la feuille de la pousse, mais mes collègues de l'IITA et moi ne sommes pas encore certains si la villosité contribue directement à la résistance ou si elle indique indirectement un autre facteur. Pour obtenir d'autres éclaircissements là-dessus, nous avons prévu un procédé de rasage qui sera mis à l'épreuve à la prochaine saison des teignes (octobre–novembre).

Résultats de la sélection

À l'exception des résultats du classement, ceux que nous avons recueillis sur le développement des populations et la croissance des plants l'ont été pendant la saison humide, quand l'effectif des teignes était réduit. Les données seront donc complétées à la prochaine saison. Une seule observation s'est révélée intéressante jusqu'ici : le témoin utilisé comme sujet sensible semble être complètement résistant pendant la saison humide.

Tous les clones formant la deuxième sélection de matériel génétique ont été artificiellement infectés avec la teigne mais ni le témoin ni un certain nombre de clones choisis n'ont paru atteints, et jusqu'à présent il n'y a aucun indice qu'il le soient.

Lutte biologique contre la cochenille du manioc

Hans R. Herren

Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan (Nigéria)

Les pertes de vivres essentielles que la cochenille du manioc, insecte exotique, fait subir à l'Afrique, peuvent être évitées par la lutte biologique. On recherche les ennemis naturels de la cochenille (prédateurs ou parasites) en Amérique latine, son pays d'origine. Après quelques études biologiques élémentaires et leur mise en quarantaine, ces ennemis naturels sont expédiés en Afrique. Des recherches approfondies sont en cours sur la biologie, l'écologie et le comportement de la cochenille du manioc et des ennemis naturels récemment détectés. On expérimente de nouvelles méthodes d'élevage de ces ennemis naturels ainsi que des procédés de lâchers. L'impact des ennemis naturels est étudié à l'aide de tables de suivi et d'analyses de facteurs clé. Une analyse économique du projet peut apporter des chiffres intéressants sur la rentabilité de la lutte biologique.

The loss of a basic food supply for Africa to an exotic insect, the cassava mealybug, can be overcome through classical biological control. In the area of origin in Latin America, natural enemies (parasitoids and predators) are being searched. After basic ecological studies and quarantine processing they are shipped to Africa. Detailed studies on the biology, ecology, and behaviour of the cassava mealybug have been undertaken and are also being carried out for the newly discovered natural enemies. New methods of mealybug mass rearing for natural enemies production are being tested as well as efficient methods for the releases of the promising natural enemy species. For follow-up studies on the effectiveness of these natural enemies, life tables and key factor analyses are used. A proper economic analysis of the project may provide interesting figures about the economic benefits obtained from biological control.

La lutte biologique s'est révélée une méthode efficace et durable pour combattre les insectes nuisibles depuis une centaine d'années. Elle remonte cependant à des temps beaucoup plus reculés : au moins 400 ans avant notre ère, les Chinois plaçaient des nids de fourmis (*Oecophylla smaragdina*) dans leurs vergers d'agrumes contre le punaise à bouclier (Pu, 1976).

Dans les programmes habituels de lutte biologique contre les insectes exotiques, on va généralement chercher leurs ennemis naturels dans la région générale d'où le parasite est originaire. On en fait d'abord la sélection en quarantaine, puis on les importe et les fait reproduire en grand nombre avant de les lâcher. On espère voir augmenter rapidement les populations d'ennemis naturels et diminuer celui des insectes nuisibles pour, finalement, voir les deux coexister en nombre minimal.

Historique de la cochenille du manioc

On a d'abord découvert la présence de la cochenille au Zaïre, en 1973 (Hahn et Williams, 1973). L'insecte était nouveau et on en a fait la description en 1977 d'après les spécimens recueillis dans la république populaire du Congo et au Zaïre (Matile-Ferrero 1977), En 1975, une infestation de cochenilles s'est produite dans le nord-est du Brésil (Albuquerque 1976). Une identification plus précise a révélé que la cochenille appartenait à la famille *Phenacoccus manihoti* (Matile-Ferrero, 1977), déjà décrite en Afrique.

Depuis sa découverte, la cochenille du manioc s'est répandue très rapidement et on la rencontre aujourd'hui dans presque toutes les régions côtières productrices de manioc, du Sénégal à l'Angola.

Taxonomie, biologie et dynamique de peuplement

Les particularités morphologiques du *P. manihoti* ne laissent aucun doute quant à ses origines dans les Amériques (Williams, D.J., communication personnelle). On convient donc que le parasite a été introduit accidentellement en Afrique, bien que l'on ignore encore son lieu d'origine exact.

La biologie de *P. manihoti* a fait l'objet de plusieurs études (Nwanze, 1978 ; Fabres et Boussiengué 1980). Brièvement, les résultats obtenus indiquent que son cycle biologique, de l'oeuf au reproducteur adulte dure 24 jours, à 26 °C. La fécondité moyenne de la femelle, en laboratoire, a été de 440 oeufs pouvant se conserver jusqu'à 26 jours.

En se nourrissant sur le manioc, la cochenille injecte dans la plante une toxine qui provoque de fortes anomalies végétatives, telles que l'enroulement des feuilles, le ralentissement des pousses et, finalement, le flétrissement des feuilles. Les cochenilles s'alimentent, par ordre de préférence, sur la tige, à son point de croissance, sur les pétioles et sur les feuilles. Les larves et les masses d'oeufs sont transportées par les vents, et les humains lorsqu'ils manipulent des plants infectés.

La dynamique de peuplement de la cochenille suit les saisons (Leuschner, 1978 ; Fabres, 1980). En saison sèche, la population augmente rapidement jusqu'à un point d'autodestruction. À ce moment, généralement avant le début de la saison des pluies, la population décline, soit par manque de nourriture, surpeuplement ou entomopathogénèse. Les survivants finiront par se réinstaller sur les pousses nouvelles au début de la saison des pluies et subsisteront en colonies réduites dans les champs de manioc jusqu'à la prochaine saison sèche.

Les tables de mortalité établies par les scientifiques de l'IITA proposent une explication causative de ces variations numériques de la densité des populations (Herren et Lema, en préparation).

Des études intensives, en Afrique, indiquent que peu de parasites et de prédateurs locaux s'attaquent aux cochenilles du manioc (Matile-Ferrero, 1977 ; Nwanze 1978). Leur effet sur l'effectif de ces dernières est négligeable, surtout parce qu'ils ne sont pas (et ne sauraient être) spécifiques.

Les pertes imputables à la cochenille du manioc peuvent atteindre 60 % des racines et 100 % des feuilles. L'importance des pertes est attribuable plutôt aux effets nocifs de la toxine salivaire qu'au grand nombre des cochenilles.

Plans de lutte biologique

La première et la plus importante des tâches est de trouver les instruments de travail, c'est-à-dire les ennemis naturels de la cochenille dans son milieu d'origine. Une fois découvert ce milieu, on devra étudier l'écologie de l'insecte-hôte et de ses ennemis naturels. Telles sont les premières informations que devront recueillir les scientifiques pour pouvoir ensuite choisir rapidement les espèces les plus prometteuses. Les ennemis ainsi choisis seront alors examinés en laboratoire de quarantaine pour vérifier s'ils sont eux-mêmes exempts d'autres parasites et de pathogènes, avant d'être expédiés au Nigéria pour un surcroît d'études biologiques, écologiques et de comportement. Simultanément on pourra mettre au point des méthodes de culture massive et de lâchers, de façon à pouvoir libérer ces ennemis naturels dans des champs expérimentaux dès qu'on disposera du nombre voulu, et vérifier leur efficacité à l'aide de tables de mortalité.

Actuellement l'IITA détient plusieurs espèces de parasitoïdes et de prédateurs pour une première phase d'études. Ces insectes proviennent de l'Amérique du sud et lui ont été procurés par des spécialistes du CIBC (Commonwealth Institute of Biological Control (Bennett et Yaseen, 1980).

Rôle de l'IITA

En collaboration avec des scientifiques d'Afrique et d'Amérique latine et d'autres institutions internationales, l'IITA assume la direction scientifique dans la recherche d'une solution au problème de la cochenille du manioc. Les premières tâches qu'il envisage sont :

- Établir la région d'origine de *P. manihoti* et de ses ennemis naturels (conjointement avec le CIBC) ;
- Amorcer l'étude de la biologie et de l'écologie de *P. manihoti* en Amérique du sud, (en collaboration avec le CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical) ;
- Entreprendre l'étude de la biologie, de l'écologie et du comportement des ennemis naturels de *P. manihoti* qui seront introduits ;
- Mettre au point des méthodes de culture et de lâchers massifs desdits ennemis naturels ;
- Préparer des tables de mortalité pour évaluer l'action des ennemis naturels ; et
- Analyser l'économie du programme de lutte biologique.

Les entomophages associés à la cochenille du manioc en république populaire du Congo

G. Fabres

Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, Brazzaville (République populaire du Congo)

La présente étude a apporté des lumières aux connaissances sur les insectes entomophages susceptibles d'être employées au Congo dans la lutte contre la cochenille du manioc. Elle constitue un progrès pour le développement d'une stratégie sûre de lutte contre les ennemis du manioc. Elle contient les recherches détaillées effectuées sur l'apparition de plusieurs prédateurs, parasites et hyperparasites et l'action qu'ils exercent les uns sur les autres. Une nouvelle espèce du gène *Anagyrus* est mentionnée. Plusieurs coccinellidés (*Exochomus flaviventris, Exochomus concavus, Hyperaspis senegalensis*), cecidomyidés (*Coccodiplosis citri, Dicrodiplosis* sp.), lycaenidés (*Spalgis lemolea*), et anthocoridés (*Cardiasthetus exiguus*) jouent un rôle dans le contrôle naturel de la population des ennemis du manioc. Les hyperparasites (*Xyphigaster pseudococci, Homalotylus flaminius, Prochiloneurus pulchellus*) attaquent les espèces *Anagyrus, Exochomus* et *Coccodiplosis*. Et une autre encyrtidé (*Cheiloneurus cyanonotus*) parasite et hyperparasite *Homalotylus*. Le document fournit des données sur la dynamique des populations d'insectes entomophages, la période de leur action et le taux de parasitisme et de destruction.

The study reported here is a contribution to the knowledge of the entomophagous insects associated with the cassava mealybug in Congo. It must be considered as a step toward the development of a reliable pest management strategy. The occurrence of several predators, parasites, and hyperparasites is reported and their relationship is studied in detail. A new species of the genus *Anagyrus* is recorded. Several Coccinellids (*Exochomus flaviventris, Exochomus concavus, Hyperaspis senegalensis*), Cecidomyiids (*Coccodiplosis citri, Dicrodiplosis* sp.), Lycaenid (*Spalgis lemolea*), and Anthocorid (*Cardiasthetus exiguus*) are involved in the natural regulation of the pest population. Hyperparasites (*Xyphigaster pseudococci, Homalotylus flaminius, Prochiloneurus pulchellus*) have been found attacking *Anangyrus, Exochomus*, and *Coccodiplosis* species. An additional Encyrtid (*Cheiloneurus cyanonotus*) develops upon the hyperparasite *Homalotylus*. Data are given on the dynamics of the entomophagous insect populations, the time of their intervention, and the rates of parasitism and predatism.

Phenacoccus manihoti a fait son apparition dans les plantations de manioc de la république populaire du Congo en 1973 (Sylvestre, 1973). Le rapide développement de ses populations et l'intensité des attaques du ravageur au cours des saisons sèches de 1974–1975 ont motivé une mission du Museum National d'Histoire Naturelle (Matile-Ferrero, 1976) et une étude morphologique minutieuse du *Pseudococcidae* (Matile-Ferrero, 1977).

P. manihoti est une nouvelle espèce morphologiquement proche de *P. surinamensis* Green récolté des Caraïbes (Williams *in* Bennett et Greathead, 1978). Ses affinités néotropicales sont confirmées par Matile-Ferrero (1977) qui retrouve *P. manihoti* dans des échantillons en provenance du Brésil et par Bennett et Greathead (1978) qui attribuent à cette espèce les récentes pullulations de pseudococcines sur manioc en Amazonie (Albuquerque, 1977).

Le présence de *P. manihoti* en Afrique centrale, sa rapide dispersion et le brusque développement de ses populations sont à mettre sur le compte d'une récente introduction accidentelle à partir de l'Amérique du Sud.

Le problème posé par *P. manihoti* est donc celui de l'implantation dans une zone biogéographique nouvelle d'un ravageur exempt de ses régulateurs biologiques naturels. Dans ce cas, les spécialistes envisagent l'application des techniques de la lutte biologique par introduction d'entomophages (Greathead, 1978). Les laboratoires du Commonwealth Institute for Biological Control à Trinidad ont entrepris à cet effet l'inventaire des entomophages des *Phenacoccus* d'Amérique du Sud ainsi que l'élevage de certaines espèces jugées intéressantes. Déjà, au Zaïre, une campagne d'introduction et de lâchers de parasites en provenance du Nouveau Monde a été organisée au cours de l'année 1978 (Girling, 1978).

Pour le Congo, où une opération identique est en projet (Girling, 1979) nous avons jugé indispensable de programmer une étude préalable de l'entomofaune locale inféodée à la cochenille ainsi qu'une analyse des équilibres biocoenotiques qui sont mis en place après l'introduction du ravageur.

Après une année de récoltes, d'observations sur le terrain et d'études de laboratoire, nous pouvons faire un premier bilan qualitatif et donner une image relativement complète et fidèle de la structure de la biocoenose de *P. manihoti*.

Les composantes de l'entomocoenose

Les entomophages primaires

Ils se recrutent parmi cinq grands ordres d'insectes : les hyménoptères Chalcidiens (*Encyrtidae*) sont des parasites internes de la cochenille ; les coléoptères (*Coccinellidae*), diptères (*Cecidomyiidae*), hémiptères (*Anthoridae*) et lépidoptères (*Lycaenidae*) en sont des prédateurs.

Les parasites actuellement recensés au Zaïre et au Congo appartiennent au genre *Anagyrus* qui regroupe de nombreuses espèces parasites primaires de *Pseudococcidae*. Au Zaïre on trouve deux espèces dont l'une est proche d'*A. bugandaensis* Compere (Girling, 1979) ; au Congo, une seule espèce s'avère intéressante sur le plan écologique. Elle ne correspond à aucune description faite à ce jour et une étude morphologique est en cours.

Anagyrus n. sp. parasite de préférence les troisièmes stades larvaires et les jeunes femelles de la cochenille. Son attaque est le plus souvent localisée en quelques points de la colonie ce qui dénote une faible activité de recherche de l'hôte pour la ponte. Les taux de parasitisme les plus élevés s'observent au maximum de la gradation des populations de *P. manihoti* (septembre–octobre 1979). Ils fluctuent alors entre 3 et 5 % des hôtes potentiels. Un document sur l'intervention d'*Anagyrus* n. sp. en période de pullulation de la cochenille est en préparation.

Exochomus flaviventris, *E. concavus* et *Hyperaspis senegalensis* sont les espèces dominantes. Bien qu'elles aient été décrites de la région éthiopienne et signalées dans de nombreux pays d'Afrique intertropicale, peu de travaux ont été consacrés à l'étude de leur biologie et de leur pouvoir régulateur. Citons pour mémoire celui d'Annecke, Karny et Burger (1969) sur *E. flaviventris* et ceux de Brown (1972 et 1974) sur *E. concavus*. Les espèces appartenant à ces deux genres sont très polyphages et leurs proies se recrutent parmi les homoptères *Pseudococcidae*, *Diaspididae*, *Lecanidae*, *Aphididae* et *Aleurodidae* (Thompson et Simmonds, 1965).

L'intervention de ces trois espèces au sein de la biocoenose de *P. manihoti* est complémentaire. *E. flaviventris* apparaît dès juin–juillet en début de gradation des populations de la cochenille et sa présence est encore décelable à l'arrivée des premières pluies qui marquent la raréfaction de la cochenille. Le maximum de densité de sa population s'observe en septembre, au sommet de la gradation. *E. concavus* se manifeste surtout en début de retrogradation de façon plus discrète et très limitée dans le temps. *H. senegalensis* apparaît en fin de gradation et, comme l'espèce précédente, ne persiste dans les plantations que pendant 4 à 5 semaines. Au cours d'une même saison sèche, les nombres totaux des individus des trois espèces récoltées par diverses méthodes sont dans les proportions : 38,1 % d'*E. flaviventris*, 23,5 % d'*E. concavus* et 38,4 % d'*H. senegalensis*.

Il est difficile d'apprécier le pouvoir régulateur de ces prédateurs en l'absence de données sur la biologie et le comportement de chaque espèce. Pour fournir une première information quantitative disons qu'en phase de pullulation de l'hôte, et pour une densité totale de 1 000 cochenilles par apex, on peut récolter sur chaque colonie apicale une moyenne de 12 à 15 adultes d'*E. flaviventris* ou d'*H. senegalensis*.

D'autres espèces, moins étroitement inféodées à la cochenille sont également récoltées sur les colonies. Nous avons ainsi répertorié *Scymnus* (S.) *rufifrons* Fursch ; *Scymnus (S.) plebejus* Weise ; *Sithetorus endruedyi* Fursch ; *Serangium giffardi* Grandi ; *Nephus derroni* Fursch ; *Platynaspis* sp.

Trois espèces de Cecidomyiiee prédatrices ont été obtenues en éclosoir par Matile-Ferrero en 1976 : *Coccodiplosis citri*, *Dicrodiplosis* n. sp. et *Lestodiplosis* proche d'*aonidiellae*. Au cours des campagnes 1978 et 1979, à partir de larves âgées prélevées dans les colonies de *P. manihoti*, nous n'avons retrouvé que les deux premières espèces. La dernière est probablement un prédateur de *F. virgata* comme l'est *L. aonidiellae* au Congo (Harris, 1968). Les genres *Dicrodiplosis* et *Coccodiplosis* sont représentés dans la région éthiopienne par de nombreuses espèces toutes prédatrices de *Pseudococcidae*. *C. citri* est connu d'Afrique du Sud sur *Planococcus citri* (Risso) (Barnes, 1935).

L'espèce la plus abondante sur les populations de la cochenille du manioc au Congo est *C. citri* qui représente à elle seule 90 % des individus élevés en éclosoir. Les fluctuations d'abondance de ce prédateur présentent deux maxima en début et en fin de gradation des populations du ravageur. Comme pour les *Coccinellidae* nous ne pouvons que fournir une indication moyenne du rapport entre la densité de la proie et celle du prédateur. Sur apex hébergeant de 1 000 à 1 200 cochenilles de tous stades on peut compter un maximum de 50 à 60 larves âgées de *C. citri* (août puis nov. 1979).

Il s'agit de *Spalgis lemolea* (Druce) dont les chenilles sont prédatrices des oeufs et de tous les stades de développement de certaines *Pseudococcidae* et *Lecanidae*. Cette espèce est déjà connue pour s'attaquer à *F. virgata* et plusieurs espèces de *Pseudococcus* d'Afrique centrale (Stempffer, 1957). Les chenilles onisciformes et recouvertes de débris cireux provenant de *Phenacoccus*, se dissimulent au milieu de leurs proies. La chrysalide est selon les auteurs fientiforme ou simiesque. L'originalité de la biologie et de la morphologie des stades larvaires et nymphaux ont suscité de nombreux travaux dont le dernier en date est celui de Hinton (1974). La présence de cette espèce est constante quelle que soit l'abondance de la cochenille mais le niveau numérique reste faible et sans fluctuations notables en regard de la dynamique des populations de la proie.

En phase de pullulation de l'hôte on rencontre régulièrement *Cardiesthetus exiguus* Poppius sous forme d'individus isolés, en éclosoir et sur les pièges englués. On sait peu de choses de sa biologie et de son comportement de prédation mais il est réputé extrêmement polyphage. Localement, sa présence au sein de la biocoenose de *P. manihoti* est à noter pour mémoire.

Les parasites secondaires et tertiaires

Ce sont des hyménoptères *Encyrtidae* parasites des entomophages primaires et qui se comportent en hyperparasites.

Xyphigaster pseudococci. Récoltée pour la première fois au Zaïre (Risbec, 1958) sur des populations de *Planococcus citri*, cette espèce fut retrouvée en 1974 à Sao Tome comme parasite de *Coccodiplosis coffee* Barnes, (Prinslod, 1979). Nous l'avons trouvée parasitant des larves de *C. citri* au sein des colonies de *P. manihoti*. Nous pouvons donc confirmer son statut de parasite de Cecidomyiies tout en la signalant pour la première fois au Congo et sur un nouvel hôte. Sa présence dans la biocoenose est très discrète.

Homalotylus flaminius est une espèce cosmopolite parasite de *Coccinellidae* (Tachikawa, 1974). Elle est signalée en Afrique sur de nombreux hôtes dont *H. senegalensis* (Tachikawa, 1963). Nous n'avons nulle part relevé la mention d'un parasitisme aux dépens d'*E. concavus* ou *flaviventris*. C'est pourtant sur ces deux hôtes que nous l'avons exclusivement trouvée au Congo. C'est un parasite grégaire, qui s'attaque aux vieilles larves d'*Exochomus* (3 à 4 adultes par hôte). Il intervient assez tardivement au cours du développement des populations du prédateur (octobre–nov. 1975) et ses taux de parasitisme sont de l'ordre de 7 à 10 %.

H. flaminius est à son tour parasité par *Cheiloneurus cyanonotus*. Les espèces de ce genre sont souvent signalées en Afrique comme parasites primaires de cochenilles ou de coccinelles (Annecke, 1971). Leur statut est cependant celui d'hyperparasites (à quelques exceptions près, Tachikawa, 1974) et *C. orbitalis* et connu pour parasiter le genre *Homalotylus*.

Prochiloneurus pulchellus est connu dans la région éthiopienne comme hyperparasite de *Pseudococcidae* au travers des espèces du genre *Pseudococcus*. Au sein de la biocoenose de *P. manihoti*, il se comporte effectivement en parasite d'*Anagyrus* n. sp. Il intervient très tardivement dans les mécanismes de gradation (fin novembre) et, sur de très faibles populations d'*Anagyrus* n. sp., peut développer des taux de parasitisme de l'ordre de 30 %.

Conclusion

L'entomocoenose associée aux populations de *P. manihoti* au Congo est très diversifiée tant au plan des organismes qui la composent qu'à celui de leur comportement au sein des colonies de la cochenille. Cinq ordres d'insectes représentés par au moins 12 espèces différentes participent au même écosystème et contribuent à la régulation des populations du ravageur. Tous les stades de développement de l'homoptère sont tour à tour exploités par les entomophages. Les *Coccinellidae* et le *Lycaenidae* consomment aussi bien les oeufs que les femelles avant la secrétion de l'ovisac ; les *Cecidomyiidae* dévorent les oeufs et les jeunes larves ; l'*Anthocoridae* se nourrit des stades de développement âgés et l'*Anagyrus* parasite les troisièmes stades et les jeunes femelles. Nul doute que leur action simultanée ou successive, au fur et à mesure que la gradation des populations du ravageur se développe, ne contribue à minimiser l'impact de la cochenille sur sa plante hôte. Une étude du pouvoir régulateur des entomophages primaires ainsi qu'une analyse du rôle dépressif des hyperparasites est en cours.

Face au développement incontrôlé de cette cochenille d'origine exotique, on assiste donc à l'adaptation spectaculaire d'une grande variété d'entomophages dont l'action se relaye tout au long du cycle évolutif du ravageur.

Toutefois, il s'agit essentiellement d'organismes polyphages ou oligophages — en l'occurrence de prédateurs — tandis que la faune parasitaire à régime généralement plus spécifique, voire monophage, est d'une extrême pauvreté. C'est pourquoi on s'oriente actuellement vers l'acclimatation de parasites étrangers en provenance du Nouveau Monde. Cet enrichissement de la biocoénose en composantes spécifiques ne pourra qu'aboutir à un renforcement du pouvoir régulateur des entomophages indigènes.

Nous remercions les spécialistes qui ont identifié la plupart des entomophages ci-dessus mentionnés.

Dynamique des populations de la cochenille du manioc en République populaire du Congo

G. Fabres

Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, Brazzaville (République populaire du Congo)

Recherche sur la succession de générations de *Phenacoccus manihoti* et les variations de densité de population. Le compte des cochenilles sous les feuilles et les apex, selon la méthode Benassy (1961) adaptée par Fabres (1979) a révélé des variations extrêmes allant de 1 à 3 au cours de la saison des pluies à plus de 70 cochenilles en période de pullulation. Le rôle de la pluie sur la croissance de la population est globalement mis en évidence. En saison sèche, trois générations se sont succédées et la population des ravageurs a multiplié ses effectifs par un facteur voisin de 20, ce qui a donné neuf générations pour l'ensemble.

I undertook a study of the succession of generations of *Phenacoccus manihoti* and the variations in population sizes. I used the method of Benassy (1961) adapted by Fabres (1979) and counts of the mealybugs in the rainy season to more than 70 during pullulation. The role of rain in halting the growth in population is clear. There were three successive generations in the dry season, enabling the pest's population to multiply by a factor of almost 20. Altogether there were nine generations.

P. manihoti est une nouvelle espèce récemment introduite en Afrique centrale en provenance du Nouveau Monde. Les dégâts que cette cochenille cause dans les plantations de manioc sont spectaculaires et un intérêt considérable s'est développé autour de ce nouveau ravageur. Au cours d'un colloque organisé au Zaïre en 1978, de nombreuses communications ont abordé le problème posé par les pullulations de la cochenille du manioc et ont exposé les méthodes à mettre en oeuvre pour la régulation de ses populations.

Cependant, le nombre des travaux portant sur la bioécologie de *P. manihoti* est relativement restreint : Ezumah & Knight (1978) ainsi que Leuschner (1978), évoquent le phénomène de pullulation de le cochenille en saison sèche mais sans le quantifier ou en utilisant pour ce faire un indice d'infestation des pieds de manioc (% plants infestés) ; Nwanze, Leuschner & Ezumah (1980) se sont consacrés aux paramètres bioécologiques de la cochenille sans se préoccuper de la dynamique de ses populations.

De ce fait, le travail dont nous donnons ici les résultats est le premier à fournir une information quantifiée sur les variations d'abondance de la cochenille du manioc et sur les mécanismes intrinsèques ou climatiques qui en sont à l'origine.

Méthodes

Nous avons conduit notre étude dans des champs de manioc de la variété « m'pembe » aux environs de Brazzaville (Ferme de Kombé). Les données que nous avons recueillies et analysées sont celles de l'année 1979.

L'étude a porté sur la succession des générations de *P. manihoti* et sur les variations d'abondance de ses populations.

Succession des générations : la méthode employée a été mise au point par Benassy (1961) et appliquée en pays tropicaux par Fabres (1979). Elle consiste en un prélèvement hebdomadaire d'un échantillon végétal avec dénombrement de toutes les cochenilles présentes, classées selon leur stade de développement. Selon la saison, les comptages portent sur 200 à 1 000 cochenilles. Ils permettent de connaître la proportion de chaque stade au sein de la colonie et de déterminer avec précision la succession des générations au cours de l'année climatique. Les résultats de ce travail ont fait l'objet d'une analyse détaillée (Fabres, 1980) et nous n'en reprendrons ici que les données essentielles.

Variation d'abondance : nous avons utilisé la méthode des comptages à vue sur le terrain. Chaque semaine, sur 100 apex pris au hasard dans les

champs expérimentaux, on note la présence ou l'absence de cochenille et le degré d'infestation des apex et des feuilles. Sur 30 de ces apex, toutes les cochenilles sont comptées par stade. On obtient ainsi, chaque semaine, un pourcentage d'apex infestés, un taux moyen d'infestation et une moyenne du nombre de cochenilles par apex. Une étude parallèle est conduite sur des feuilles prises au hasard à raison de 6 feuilles par apex soit 180 feuilles par semaine

Présentation des données : les variations annuelles du pourcentage des apex infestés et du taux d'infestation font l'objet du tableau 1. Les rapports entre nombres moyens de cochenilles par apex et maxima absolus figurent dans le tableau 2. Les variations dans le temps de la densité du ravageur sont représentées sur la figure 1. Elles sont associées à une courbe de pluviométrie journalière et à une représentation schématique de la succession des générations. On notera que la numération des générations est artificielle, la G I étant celle du début des comptages.

RÉSULTATS

Les densités de *P. manihoti* sur apex sont excessivement variables. On peut rencontrer en moyenne, de quelques cochenilles par apex (1 à 3) au cours de la saison des pluies à plus de 70 cochenilles en période de pullulation. Les maxima absolus peuvent atteindre 6 à 700 cochenilles par apex à la date du 20.9.79 (tableau 2). Sur les organes foliaires, les densités sont moins élevées et ne dépassent pas les chiffres de 300 à 400 cochenilles par feuille (tableau 2).

L'évolution du pourcentage des apex infestés par rapport à l'ensemble des plants examinés montre que la dispersion de la cochenille est très rapide. Soixante-cinq pour cent des apex sont infestés en juillet alors qu'en juin on n'en comptait que 20 % (tableau 1). Fin septembre la totalité des apex porte des cochenilles. Par contre, les taux d'infestation sont plus progressifs et il faut attendre la fin du mois d'octobre pour avoir des infestations maximales (100 %) alors qu'elles ne sont que de 45 % en septembre (tableau 1).

La courbe de la fig. 1 retrace avec précision l'évolution de l'abondance moyenne de la cochenille sur apex. Au début des comptages du mois de février, les densités sont très faibles. Elles fluctuent entre 0 et 10 jusqu'au mois de juin. A partir de juillet, on assiste à une croissance rapide de la population et la densité est de 70 cochenilles par apex à la fin du mois d'octobre. Cette croissance n'est pas régulière mais se présente sous forme de 3 paliers successifs en juin-juillet, août-septembre et septembre–octobre. A partir de novembre la quasi-totalité des cochenilles disparaît sous l'action des pluies torrentielles qui marquent le début de la saison. Les densités sont alors ramenées à des valeurs très faibles comparables à celles du mois de février.

Le rôle de la pluie sur la croissance de la population est globalement mis en évidence. L'augmentation de la densité des cochenilles entre juin et octobre, coïncide avec la saison sèche et l'arrêt total des pluies. La raréfaction des cochenilles et leur maintien à des niveaux très bas correspond à la chute brutale des premières pluies et à la permanence d'une pluviométrie abondante. La petite saison

Tableau 1. Évolution dans le temps du pourcentage des apex infestés et du taux moyen d'infestation.

Date (1979)	Pourcentage d'apex infestés	Taux d'infestation en %
13/6	24	6
20/6	51	12
16/7	56	15
30/7	66	20
14/8	46	27
29/8	83	40
13/9	70	49
29/9	96	45
14/10	100	83
13/10	100	100
14/11	100	100

Tableau 2. Quantification de la densité des cochenilles en saison des pluies et en saison sèche. Nombres moyens et valeurs maximales absolues. Comptage sur apex et sur feuilles.

Date (1979)	Nombre moyen de cochenilles par apex	Maxima absolus	Nombre moyen de cochenilles par feuilles	Maxima absolus
2/8	30.4	62	7.5	50
9/8	37.2	84	3.6	38
16/8	25.5	120	4.5	41
23/8	35.0	77	2.0	75
30/8	35.7	50	3.6	74
20/9	67.1	679	18.5	125
27/10	70.0	252	43.3	336

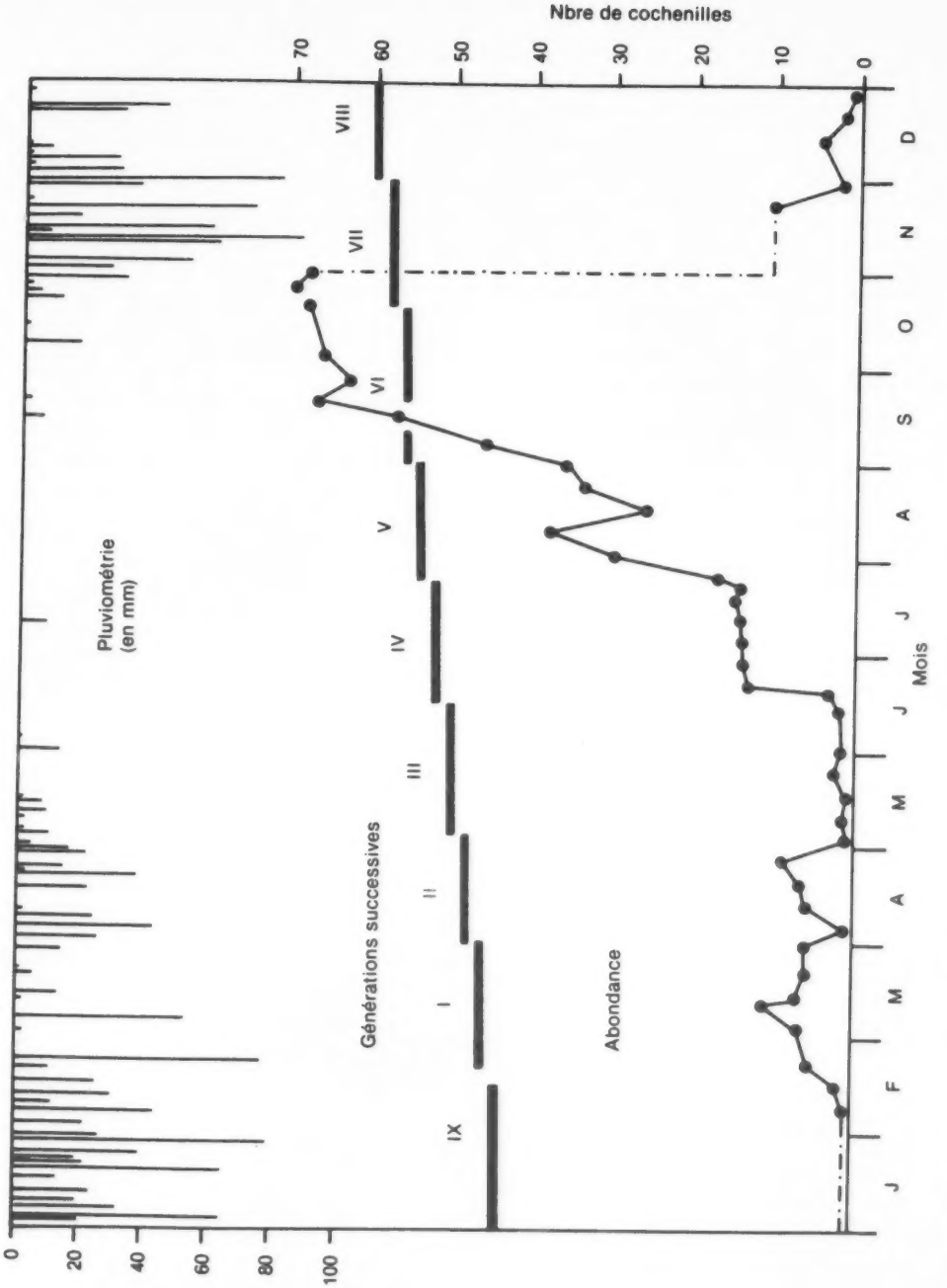


Fig. 1. *Variation d'abondance de la cochenille en fonction de la pluviométrie.*

sèche de mars est caractérisée par une légère augmentation de la densité de *P. manihoti*.

Dans ce contexte saisonnier de variation d'abondance, l'étude de la succession des générations apporte un complément d'information et permet d'interpréter la courbe de la fig. 1 : les générations 1, 2 et 3 assurent la transition entre saison des pluies et saison sèche et elles correspondent à des faibles densités. La petite saison des pluies voit le développement des générations 1 et 2. Les générations 7, 8 et 9 sont celles de la pleine saison des pluies avec averses torrentielles et sont caractérisées par une grande discrétion de la cochenille sur le terrain. Ce sont les générations 4, 5 et 6 qui sont responsables de la pullulation de la cochenille en saison sèche et les trois paliers que nous avons remarqués sur la courbe des variations d'abondance correspondent au développement de ces trois générations successives.

Conclusion

Cette étude est la première à quantifier avec précision les variations d'abondance de *P. manihoti* au cours d'une année climatique. Après les travaux d'Ezumah and Knight (1978) et ceux de Nwanze (1978) nous avons mis en évidence le rôle mécanique global de la pluie et nous avons chiffré son impact sur la densité des populations. Ce mécanisme explique la rapide disparition des colonies dès l'arrivée de la saison des pluies.

Le rôle joué par les trois générations qui se succèdent au cours de la saison sèche est fondamental. Il permet à la population du ravageur de multiplier ses effectifs par un facteur voisin de 20. Ceci s'explique par l'énorme pouvoir de croissance du *Pseudococcidae*. On a en effet déterminé, au cours d'une étude préalable (Fabres, 1980) que le taux intrinsèque de croissance (rm) s'établit à 0,15 à 26 °C et 75 d'hygrométrie relative et que le temps de génération se situe entre 28 et 33 jours en saison sèche.

Les résultats de cette étude s'inscrivent directement dans les préoccupations actuelles de contrôles des populations de ce ravageur. La connaissance des mécanismes de variation de l'abondance de *P. manihoti* et des facteurs qui en sont responsables devrait orienter les travaux vers la mise au point de méthodes agronomiques de lutte contre la cochenille. On a déjà évoqué les variétés de manioc précoces qui développent leurs tubercules avant la pullulation. On peut également envisager une intervention sur les générations 5 et 6 pour réduire leurs effectifs et éviter la pullulation.

Dans le cadre des programmes de lutte biologique qui se développent en Afrique centrale et de l'Ouest, les données que nous avons recueillies sur une population exempte de parasites représentent l'indispensable information de base. Elles permettront en effet, après l'introduction des parasites exotiques en provenance du Nouveau Monde, de comparer les fluctuations de densité du ravageur et de mesurer le pouvoir régulateur des parasites.

HABITUDES DE CONSOMMATION ET LEURS IMPLICATIONS POUR LA RECHERCHE ET LA PRODUCTION EN AFRIQUE TROPICALE

FELIX I. NWEKE

DÉPARTEMENT D'ÉCONOMIE AGRICOLE ET DE VULGARISATION, UNIVERSITÉ DU NIGÉRIA, NSUKKA (NIGÉRIA)

Le revenu réel des pays compris dans la ceinture de production de plantes-racines, exception faite du Nigéria, progresse lentement. L'un des effets de cette augmentation est l'évolution des habitudes alimentaires de la population. Il semble que le Nigérian moyen remplace les tubercules alimentaires par le riz et le blé alors que dans d'autres pays le consommateur moyen substitue les tubercules au riz et au blé. La consommation de plantes-racines diminuera probablement au Nigéria mais elle augmentera dans les autres pays. Il y aura donc probablement un excédent de tubercules. Cependant, il pourrait quand même y avoir un déficit de certaines plantes-racines dans quelques pays, qui ne pourra être compensé par le surplus d'approvisionnement d'autres espèces, les substituts parfaits étant souvent rares. De même, l'excédent de plantes-racines dans un pays ne pourra compenser la disette prévalant dans un autre, le commerce des biens étant très limité dans ces régions. Il faut donc encourager la recherche sur l'augmentation de la production des cultures susceptibles d'être déficitaires.

With the exception of Nigeria, the countries in the African root crops belt are experiencing low growth rates in real income. One of the ways in which this trend is manifested is changes in dietary habits. Average Nigerians seem to be substituting rice and wheat for root crops, in their diet, whereas average consumers in the other countries seem to be substituting root crops for rice and wheat. In future, root crops consumption will likely decline in Nigeria but increase in the other countries. For the whole region, there is likely to be a surplus of production over consumption needs of root crops in general in the future. However, there would be deficits of specific root crops in specific countries. A surplus of one root crop cannot offset a deficit of another because one is not a perfect substitute for the other. Also, a surplus in one country may not offset a deficit in another because trade in the commodities is limited. There is therefore a need to develop trade in the commodities; there is also need to encourage research in and production of the root crops in which deficits of production over consumption are likely to occur in the future.

Durant la période de 1970 à 1975, l'Afrique a produit 42 % de la récolte mondiale de manioc, et 18 % de celles d'igname et de taros combinées (FAO 1971–1976). Ces trois plantes-racines avec, peut-être, la patate douce, constituent le régime alimentaire de base d'un grand nombre d'indigènes de l'Afrique tropicale. Tout comme le maïs, le sorgho et le mil pour les peuples à revenu modique d'autres parties du monde. En raison de la situation économique générale, du prix élevé de l'énergie, de l'inflation et du chômage, la plupart des pays tropicaux africains ne connaissent qu'un taux de croissance très faible, sinon un recul de leur revenu réel. Dans ces conditions, les plantes-racines assumeront sans doute un rôle plus important encore dans leur subsistance.

Mon objectif, dans cet exposé, est de réévaluer l'importance relative du manioc, de l'igname, du taro et de la patate douce, en Afrique, en fonction de l'évolution de l'économie. Je tâcherai également de proposer des pistes de recherche et de production susceptibles de mettre en valeur le plus efficacement possible le potentiel considérable des cultures de plantes-racines. Cet exposé s'appuie en partie sur les chiffres de séries chronologiques élaborés par la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD), l'Organisation pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) des Nations Unies, le ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA), et en partie sur des études concernant l'exploitation agricole au Nigéria, au Ghana et au Zaïre.

LA ZONE AFRICAINE DES PLANTES-RACINES

La production du manioc, de l'igname, des taros et de la patate douce est concentrée dans les régions africaines situées à quelque 15 degrés de latitude de part et d'autre de l'équateur : c'est la ceinture afri-

caine des plantes-racines. Dans d'autres pays du continent, ces cultures sont relativement secondaires (FAO 1971–1976). Entre 1970 et 1975, la plupart des pays de cette zone ont compté chaque année de 0,04 à 0,15 hectare cultivé par habitant, soit l'équivalent de 28 % de la superficie de terre arable. On pratique également dans cette zone des cultures industrielles tropicales comme celles du cacao, du caoutchouc, de l'huile de palme ainsi que l'exploitation du bois d'oeuvre.

Parmi les pays faisant partie de la Ceinture, la République centre-africaine, le Togo, la république populaire du Congo, le Libéria, le Gabon, les Comores, la Guinée équatoriale et la Guinée-Bissau comptaient chacune en 1976 (BIRD 1978) une population de 2 500 000 habitants ou moins, et nous ne les avons donc pas inclus dans cette étude. Faute de pouvoir fournir des informations à jour sous forme de séries chronologiques, d'autres pays comme le Mozambique, l'Ouganda, le Burundi, le Rwanda et le Bénin ont également été exclus, même si leur population à chacun dépasse les 2 500 000 h. La présente analyse porte donc sur le Nigéria, le Zaïre, la Tanzanie, le Ghana, Madagascar, le Cameroun et la Côte-d'Ivoire. Nous espérons que nos conclusions seront applicables à la Ceinture entière des plantes-racines. Les sept derniers pays mentionnés représentaient près de 80 % de la population totale, au milieu de 1976 (BIRD 1978), et près de 80 % de la superficie annuelle moyenne cultivée en plantes-racines, de 1970 à 1976 (FAO 1971–1976).

Le Nigéria à lui seul représentait respectivement plus de 50 % de la population et plus de 40 % de la superficie annuelle moyenne cultivée durant cette période.

Importance relative de chacune des plantes-racines

Le manioc occupe environ 65 % de toutes les superficies cultivées en plantes-racines, l'igname 15 %, les taros et la patate douce, environ 10 % chacun en 1970–1975 (FAO 1971–1976). La production et la consommation de l'igname et des taros sont concentrées dans les pays de Afrique occidentale : Nigéria, Ghana, Cameroun et Côte-d'Ivoire, et celles de la patate douce dans les régions orientales de l'Afrique : Tanzanie, Madagascar et Zaïre.

En 1970–1975, les plantes-racines mentionnées plus haut ont, dans l'ensemble, fourni 38 % des éléments énergétiques consommés quotidiennement par personne dans la Ceinture des plantes-racines. La part du manioc s'élevait à 22 %, celle de l'igname à 10 %, celle des taros à 4 % et celle de la patate douce à 2 % seulement. Comparativement, 43 % des mêmes éléments provenaient de céréales, 8 % de bananes et de plantain, 7 % de légumineuses à gousses et 3 % de viandes, produits laitiers, etc.[1] L'on constate donc la valeur des plantes-racines, en particulier le manioc, comme sources d'éléments énergétiques dans le régime alimentaire actuel de l'Afrique tropicale.

Bien que, dans la partie occidentale de la Ceinture, le manioc et l'igname soient à peu près à égalité, le manioc est de loin la plus populaire de toutes les plantes-racines dans l'ensemble de la région. Cependant, on ne saurait juger de la popularité d'une plante-racine en Afrique tropicale, d'après une seule région ou par le rang qu'elle occupe dans l'alimentation quotidienne. Certaines plantes-racines, en effet, ont aussi une valeur culturale particulière dans certains endroits de la Ceinture.

L'importance future des plantes-racines

Le rôle des plantes-racines comme source à venir d'aliments énergétiques dépendra du sort que connaîtra le revenu réel des habitants de ces régions. Dans les pays en développement, la consommation du blé et du riz est réservée en bonne partie aux classes aisées. Les plantes-racines, le maïs, le millet et le sorgho constituent le régime principal de la population à revenu modeste, selon les régions où on les cultive de préférence.

Bien que les particuliers n'augmentent pas nécessairement leur consommation annuelle de plantes-racines à mesure que leur revenu diminue, la moyenne annuelle de consommation par tête augmente du fait qu'un plus grand nombre commencent à remplacer les grains par les plantes-racines dans leur régime.

À l'exception du Nigéria, les principaux pays de la Ceinture africaine des plantes-racines n'ont guère connu d'augmentation de leur revenu réel, mais plutôt une diminution, pendant la période de 1970–1976. Le progrès a été particulièrement modeste pour le Zaïre, la Tanzanie, le Cameroun et la Côte-d'Ivoire tandis que le Ghana et Madagascar enregistraient une baisse du revenu réel des particuliers (Tableau 1). Les chiffres dont on dispose au sujet de la consommation révèlent que le Nigérian moyen a commencé à remplacer dans son régime les plantes-racines par des céréales, notamment le blé et le riz, tandis que dans les pays à faible accroissement du revenu réel, c'est le contraire qui s'est produit, entre 1968–1972 et 1973–1977 (Fig. 1 et 2). Au Nigéria, la consommation annuelle moyenne de

1. Chiffres d'après les résultats de la production (USDA 1971–1976) et du commerce (UN 1971–1976).

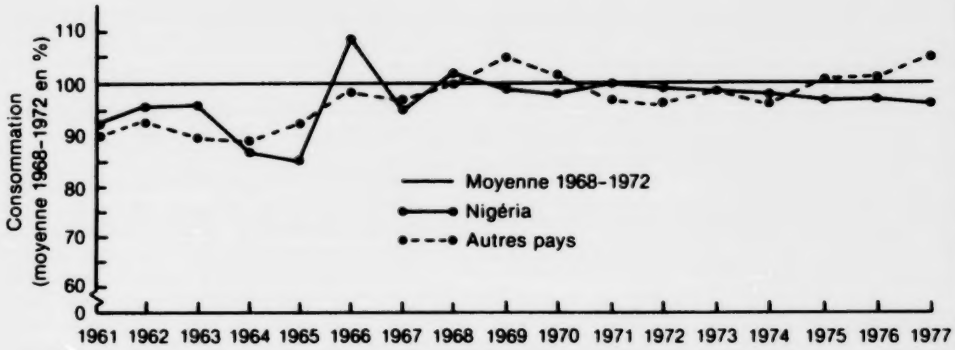


Fig. 1. *Indices (moyenne 1968–1972 = 100 %) de la consommation de plantes-racines per capita, au Nigéria et dans certains pays de la zone africaine de ces plantes.*

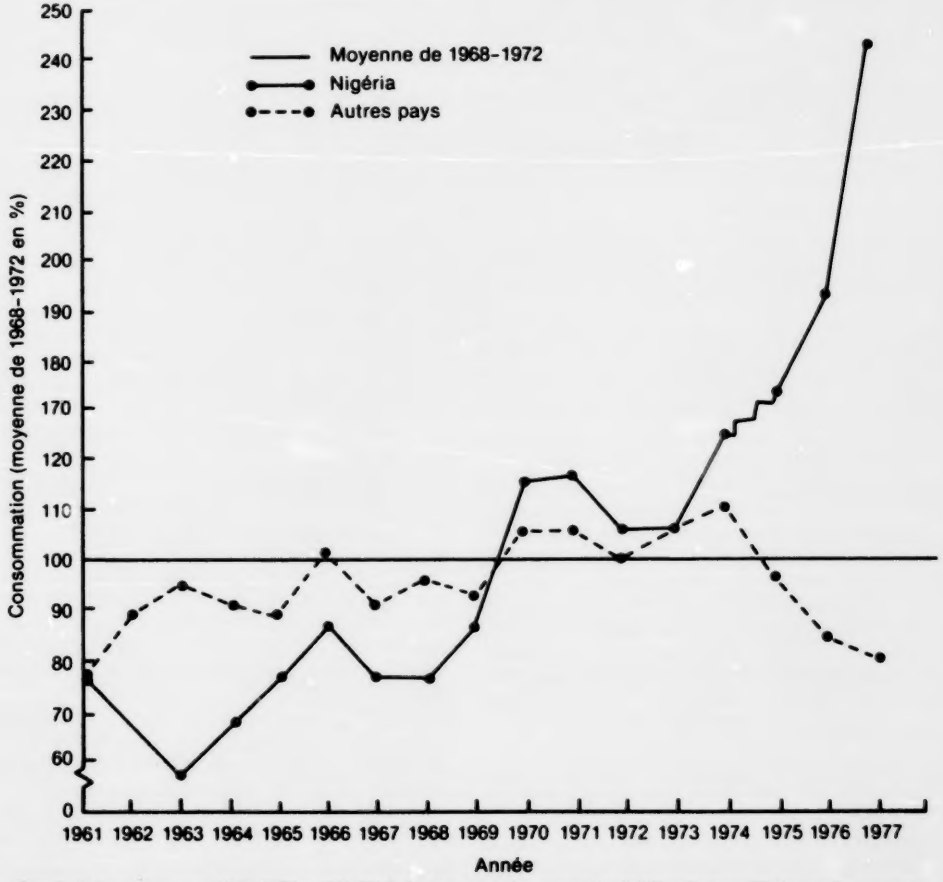


Fig. 2. *Indices (moyenne 1968–1972 = 100 %) de la consommation per capita de blé et de riz au Nigéria et dans certains pays de la zone africaine des plantes-racines, 1961–1977.*

Tableau 1. Population (1976) et taux de croissance (1970–1976), et PNB per capita (1976) et taux d'accroissement (1970–1976) pour les principaux pays de la Ceinture des plantes-racines en Afrique.

	Population		PNB per capita	
Pays	Milieu 1976 ('000s)	Taux de croissance 1970–76 (%)	1976 (millions $US)	Taux d'accroissement 1970–76 (%)
Nigéria	77056	2,6	400	5,4
Zaïre	25389	2,7	130	0,4
Tanzanie	15136	2,7	180	1,7
Ghana	10310	2,9	370	−0,7
Madagascar	9112	3,1	200	−2,3
Cameroun	7606	2,0	310	1,0
Côte-d'Ivoire	7025	3,8	650	1,9

plantes-racines par tête a diminué de 524 kg pour 1968–1972, à 518 kg pour 1973–1977, soit au taux annuel moyen composé de 0,2 %. La consommation annuelle moyenne, par personne, de riz et de blé a augmenté, quant à elle, de 10 kg en 1968–1972 à 17 kg en 1973–1977, soit à un taux moyen composé de 11,2 %. Dans les pays à revenu réel en faible accroissement ou en baisse, la moyenne annuelle pondérée de la consommation de plantes-racines par personne, est passée de 332 kg en 1968–1972 à 336 kg en 1973–1977, soit au taux annuel moyen composé de 0,3 %, la moyenne équivalente dans le cas du riz et du blé déclinant de 37 kg en 1968–1972 à 34 kg en 1973–1977, soit au taux annuel moyen composé de 0,3 %.

La conjugaison d'une baisse de la consommation individuelle de plantes-racines au taux annuel moyen composé de 0,2 % et d'un accroissement du revenu réel au taux moyen composé de 5,4 %, au Nigéria, montre que l'amélioration du revenu met du temps à se traduire par une baisse de la consommation des plantes-racines. On ne peut donc tabler sur cette amélioration pour compenser le déclin de la production des plantes-racines, en particulier dans un pays où la consommation annuelle par tête en est élevée. D'autre part, une augmentation de 4 kg, soit de 332 à 336 kg dans les pays dont le revenu réel s'améliore peu ou va en diminuant et dont la population est considérable et va en augmentant, peut être significative en termes de demande globale.

D'après les estimations de la BIRD, des 43 pays tropicaux africains pour lesquels on dispose de chiffres, 25 n'ont vu augmenter leur PNB qu'au taux annuel moyen composé de 1 % ou moins, et 13 n'ont pas connu d'accroissement entre 1970 et 1976 (BIRD 1978). De ces 25 pays, 13 se trouvent dans la Ceinture africaine des plantes-racines. Les seuls pays de cette même zone dont le taux d'accroissement composé du PNB a atteint ou dépassé 2 % en 1970–1976 étaient le Nigéria, la république populaire du Congo et le Gabon. Ces deux derniers pays ne comptaient ensemble, en 1976, qu'une population inférieure à 2 millions d'habitants (BIRD, 1978).

La situation économique actuelle dans le monde, en ce qui concerne notamment le pétrole et l'inflation, fait craindre que le revenu réel en Afrique tropicale ne continue de décroître, sauf dans les pays producteurs de pétrole, pendant au moins un certain temps ; les plantes-racines devraient alors prendre plus d'importance dans le régime alimentaire de ces pays.

Pour établir l'importance à venir des plantes-racines dans la région, j'ai projeté leur production et leur consommation annuelles totales dans les principaux pays de la Ceinture africaine des plantes-racines jusqu'à l'année 1995. Pour la production, j'ai présumé que les tendances relevées de 1961 à 1977 se maintiendraient ; quant à la consommation, je me suis servi des taux de croissance annuels composés (de 1970–1976) du PNB par tête ainsi que de la population pour chaque pays d'après les estimations de la BIRD (1978), et de l'élasticité de la demande d'après le revenu, selon l'estimation de la FAO (1971).

En se basant sur ces hypothèses, la production des plantes-racines (R) dans le pays (N) en l'année t, $P_{R,N}(t)$, est évaluée à $P_{R,N}$ (1977) $(1 + G_{R,N})^T$ où $P_{R,N}$ (1977) représente la tendance estimative de la production de plantes-racines R pour le pays N (en tonnes) ; $G_{R,N}$ représente le taux annuel composé d'accroissement de la production de R en N durant la période de 1961 à 1977 (en %) ; et T représente l'intervalle chronologiques entre 1977 et t (années). $P_{R,N}$ (1977) est évalué en log : $P_{R,N}$ (1977 = a + bT, dans lequel T égale l'intervalle chronologique (16 ans) entre 1961 et 1977. La consommation de plantes-racines R dans le pays N en l'année t, $C_{R,N}(t)$ est évaluée comme suit : $C_{R,N}$ (1977) $[1 + (L_N + I_N E_{R,N})]^T$ où $C_{R,N}$ (1977) représente la tendance estimative de la consommation de plantes-racines R pour le pays N (en tonnes) ; L_N égale le taux d'ac-

croissement annuel composé de la population dans le pays N pour 1970 à 1976 (en %) ; I_N représente le taux annuel composé d'augmentation du PNB per capita dans le pays N pour la période de 1970 à 1976 (en %) ; $E_{R,N}$ égale l'élasticité, d'après le revenu, de la demande de plantes-racines R dans le pays N ; et T représente l'intervalle chronologique entre 1977 et t (années) ; $C_{R,N}$ (1977) est évalué d'après le log : $C_{R,N}$ (1977) = a + bT, dans lequel T égale l'intervalle chronologique (16 ans) entre 1961 et 1977 (Tableau 2, Fig. 3).

Sans projections concernant la population, il est impossible de prévoir la consommation future par tête. Cependant, les faibles taux d'accroissement ou les déclins du revenu réel, et les élasticités de la demande d'après le revenu inférieures à zéro permettent de supposer que la consommation individuelle des plantes-racines sera plus considérable en 1995 qu'en 1977 dans les pays autres que le Nigéria. Malgré cela, aux taux d'accroissement de la production pour 1961–1977, et d'augmentation du revenu réel et de la population pour 1970–1976, la zone

Tableau 2. Évaluation de la production, de la consommation et des surplus ou déficit de diverses plantes-racines dans les principaux pays producteurs de la zone africaine

	Manioc			Igname			Taro			Patate douce		
Pays	Production ('000 t)	Consommation ('000 t)	Surplus/déficit ('000 t)	Production ('000 t)	Consommation ('000 t)	Surplus/déficit ('000 t)	Production ('000 t)	Consommation ('000 t)	Surplus/déficit ('000 t)	Production ('000 t)	Consommation ('000 t)	Surplus/déficit ('000 t)
Nigéria	24179	23211	968	34287	29989	4298	2496	2803	−307	–	–	–
Cameroun	1329	1388	−59	–	–	–	1069	1129	−60	429	407	22
Ghana	963	1802	−839	1556	2713	−1157	2294	2226	68	–	–	–
Côte-d'Ivoire	2485	2074	411	3671	4170	−499	–	–	–	18	35	−17
Zaïre	17445	16832	613	–	–	–	–	–	–	665	652	13
Tanzanie	3700	3007	693	399	495	−96	–	–	–	–	–	–
Madagascar	2907	2580	327	–	–	–	–	–	–	342	558	−216

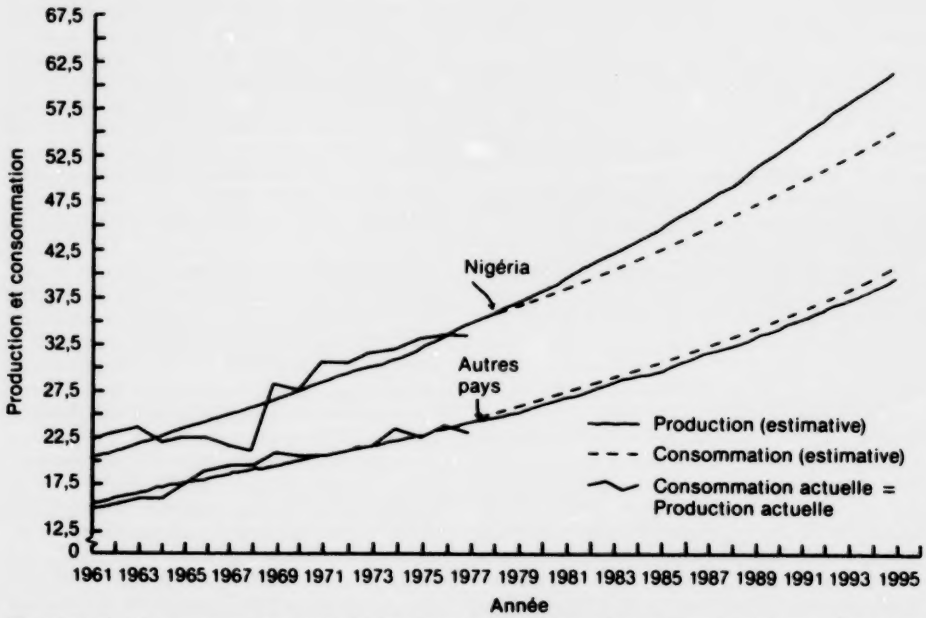


Fig. 3. *Production et consommation totales des plantes-racines au Nigéria et dans d'autres pays de la zone africaine des plantes-racines : chiffres actuels (de 1961 à 1977) et estimatifs (de 1961 à 1995).*

dans son ensemble devrait accuser, en 1995, des excédents de production de plus de 4 Mt de plantes-racines par rapport aux besoins de la consommation. La plus grande partie de ces excédents devraient provenir du Nigéria où la consommation par tête est censée devoir décliner.

L'hypothèse voulant que le taux de production de 1961–1977 se poursuive jusqu'en 1995 est sans doute la plus subjective de celles qui sous-tendent les projections. Elle suppose qu'il ne se produira pas de substitutions dans la répartition des ressources disponibles. Cependant, on peut s'attendre qu'au Nigéria, dont le PNB devrait augmenter rapidement, la tendance se confirme au remplacement des plantes-racines par des céréales, dont la demande sera sans doute supérieure. Dans d'autres pays, les ressources disponibles entraîneront sans doute un certain remplacement des céréales plus coûteuses par des plantes-racines. En conséquence il se pourrait que les déficits de ces pays diminuent et que les surplus augmentent comparativement aux prévisions.

Dans l'analyse des chiffres actuels relatifs aux plantes-racines en Afrique tropicale, on établit généralement une équation entre la production et la consommation, parce que les échanges commerciaux déclarés de denrées entre pays sont négligeables. Cependant, d'une année à l'autre, il existe des surplus et des manques entraînant des fluctuations du revenu des producteurs. Les données dont on dispose sur les prix commerciaux des plantes-racines font ressortir non seulement des différences saisonnières et locales mais aussi d'importantes fluctuations des moyennes annuelles (FAO, 1971) exprimant les variations de l'offre et de la demande d'une année à l'autre.

Implications

Un surplus de 4 Mt pour l'ensemble de la région pourrait laisser croire qu'on ne manquera pas de plantes-racines à condition que les échanges de denrées puissent s'effectuer librement par-delà les frontières, et qu'une plante-racine particulière puisse en remplacer parfaitement une autre. En 1995, le Zaïre, la Tanzanie et Madagascar (tous dans la zone orientale) ainsi que le Nigéria pourraient disposer de surplus, tandis que le Ghana, la Côte-d'Ivoire et le Cameroun (dans la zone occidentale) pourraient avoir une production déficitaire. Toutefois les échanges commerciaux de plantes-racines sont négligeables, surtout entre les pays de l'Afrique tropicale. Il en résulte que les surplus d'un pays n'iront pas nécessairement combler les déficits ailleurs. C'est pourquoi les exploitants dont la production dépasse la consommation, surtout ceux du Nigéria où les revenus sont en voie d'augmentation rapide, sont exposés à des pertes financières et pourraient être enclins à disposer autrement de leurs terres et de leur travail. Il serait peut-être profitable de diriger leurs efforts vers des récoltes arbustives comme celle de l'huile de palme, du cacao, du caoutchouc, etc., pour lesquelles il existe un marché d'exportation. Par contre si les ressources étaient affectées à la production de céréales, à laquelle les conditions de l'Afrique tropicale se prêtent relativement mal, les conséquences risqueraient d'être défavorables.

Bien que les rendements moyens en plantes-racines et en céréales soient inférieurs en Afrique tropicale à ceux du reste du monde, la différence est sensiblement moindre pour les plantes-racines que pour les grains. Par exemple, pour la période de 1971–1975, la moyenne annuelle pondérée des récoltes de plantes-racines, en Afrique, n'atteignait que 64 % du rendement mondial, et celle des céréales 57 % (FAO, 1971–1976). Au lieu de détourner leurs efforts de la production de plantes-racines vers celle des céréales, il vaudrait mieux pour les cultivateurs de l'Afrique tropicale d'être encouragés à produire pour l'exportation et que l'on s'efforçe de trouver des marchés étrangers pour leurs produits.

Bien que toutes les plantes-racines aient sensiblement la même valeur nutritive, surtout en hydrates de carbone, elles ne peuvent pas toutes se substituer l'une à l'autre par suite des coutumes alimentaires locales. Presque partout, par exemple, dans le sud-ouest du Nigéria, l'igname est la culture sûre de loin la plus répandue, non pas tellement à cause de sa valeur nutritive que pour des motifs culturels. Dans la région, l'igname est considérée comme une « culture d'homme » . . . alors que le manioc et les taros sont des « cultures de femme », et toutes les décisions concernant la production, la vente et la consommation de l'igname sont prises par le chef mâle de la famille. Pour le manioc et les taros, etc., ce sont les éléments féminins de la famille qui décident (Nweke et alii, 1980). En pareille situation, un excédent de production du manioc ne viendrait pas compenser un déficit équivalent dans la production de l'igname.

En 1995, la zone des plantes-racines africaine pourrait produire des surplus de l'ordre de 2,1 Mt de manioc et 2,6 Mt d'ignames en excédents et n'enregistrer que quelques déficits marginaux de taros et de patates douces. Pour ces dernières, ce manque marginal est important parce qu'il affecterait surtout un seul pays, Madagascar. En ce qui concerne le manioc, les surplus proviendraient du Nigéria et des pays de la partie est de la zone, tandis que ceux de l'ouest enregistreraient une production déficitaire. Quant à l'igname, seul le Nigéria aurait une production excédentaire dont les surplus pourraient suffire à combler les insuffisances notoires du Ghana, de la Côte-d'Ivoire et de la Tanzanie si l'on développait les échanges avec ces pays.

L'excédent de plus de 4 Mt d'igname que pourrait produire le Nigéria serait cependant d'un coût élevé comparativement à d'autres récoltes vivrières, en raison de la main-d'oeuvre qu'exige sa culture (Tableau 3).

La production de 1 Mcal de l'igname exige près de trois fois et demi autant de main-d'oeuvre que pour le manioc. Dans la plupart des endroits, la plantation est effectuée en buttes et la plante est également tuteurée, autant de travaux exigeants en main-d'oeuvre. La culture en buttes s'impose pour faciliter le drainage des parcelles d'igname, les tubercules étant exposés à pourrir en sol humides.

En outre, les producteurs éprouveraient plus de difficulté à écouler sans pertes importantes un surplus d'igname qu'un excédent de manioc. En effet, les usages auxquels se prêtent l'igname sont limités à la consommation humaine et ne compensent pas le coût élevé de sa production, tandis que le manioc sert, en plus, à l'alimentation du bétail, à la féculerie, etc. Il est donc urgent de découvrir des techniques susceptibles de réduire les coûts de production de l'igname, comme le buttage et le tuteurage mécaniques ou, mieux encore, de sélectionner des variétés résistantes en terrains humides. Les efforts à cette fin devraient s'ajouter aux recherches de l'Institut national de recherche pour les plantes-racines, à Umudike (Nigéria), et de l'Institut international d'agriculture tropicale d'Ibadan (Nigéria), en vue d'obtenir des plants d'igname à partir de semis et de tiges plutôt qu'à partir des tubercules qui en constituent l'élément comestible.

Stratégies de recherche et de production

Compte tenu des tendances relatives à la production des plantes-racines de 1961 à 1977, des taux annuels composés d'accroissement du PNB par tête et pour la population de 1970 à 1976, ainsi que de l'élasticité de la demande selon les revenus, on peut en déduire que la Ceinture africaine des plantes-racines produira, de façon générale, un excédent. Toutefois, divers pays particuliers souffriront d'insuffisances de l'une ou l'autre de ces récoltes. Il faudra donc stimuler les échanges commerciaux de plantes-racines entre les divers pays de cette partie de l'Afrique, pour que les surplus des uns puissent combler les déficits des autres. À défaut de ces échanges, les producteurs des pays excédentaires perdront de l'argent et pourront être enclins à consacrer leurs ressources à des usages moins indiqués, alors que les consommateurs des pays moins bien servis pourraient payer un bon prix pour des plantes-racines importées.

Tableau 3. Exigences en main-d'oeuvre de diverses cultures au Nigéria.

Récolte	Jours/h/ha	Jours/h/Mt	Jours/h/Mcal
Igname	325	45	60,31
Manioc	183	21	20,57
Maïs	90	121	35,51
Riz	215	145	59,92

Les excédents d'igname coûteraient cher à produire, nous l'avons mentionné. Dans les régions où la plante n'a pas une valeur culturelle importante, la culture du manioc utilisera plus efficacement les ressources existantes en produisant l'unité calorique plus économiquement que l'igname ; de plus, il se prête à d'autres usages qu'à la consommation humaine et l'on peut donc disposer plus aisément et à meilleur compte des surplus de manioc que dans le cas de l'igname.

Là où l'on préfère s'en tenir à la production de l'igname, en général à cause de sa valeur culturelle, on devra mettre au point des techniques capables de réduire les prix de revient, notamment l'obtention de plants à partir de semences et de tiges, ainsi que des variétés dont les tubercules et le feuillage résistent au pourridié dans les sols très humides. Ces variétés devraient pouvoir se cultiver en planches et non plus en buttes, sans tuteurage. Ces progrès pourraient réduire sensiblement les exigences de l'igname en main-d'oeuvre et faciliteraient, en outre, la mécanisation de sa culture. L'un des plus grands obstacles à cette dernière, là où les conditions édaphiques et sociologiques, comme le mode de tenure du sol, s'y prêteraient, serait la force motrice nécessaire pour l'édification des énormes buttes portant les plants d'igname.

Mes sincères remerciements au professeur F.O.C. Ezedinma pour ses excellents commentaires.

Les problèmes de production du manioc au Malawi

R.R. Nembozanga Sauti

Station de recherche agricole Lunyangwa, Mzuzu (Malawi)

On cultive le manioc dans tout le Malawi mais plus intensivement sur les bords du lac du même nom où il constitue l'une des grandes cultures vivrières. La production est limitée par le manque de terres, les maladies, les préférences des fermiers, les modes de commercialisation, d'entreposage et de culture. Le marché des chips a accusé une baisse sensible, passant de 8 100 tonnes en 1974 à 2 000 tonnes seulement en 1979.

Cassava is grown throughout Malawi, particularly along the Lakeshore where it is one of the major food crops. Production is low due to land availability, farmers' preferences, marketing, storage, farming systems, diseases, etc. Recently, there has been a marked drop in the marketing of cassava chips — from 8100 t in 1974 to 2000 t in 1979.

Le manioc est l'une des plus importantes cultures vivrières du Malawi, en particulier dans les districts de Karonga, Rumphi, Nkhata Bay, Nkhota-Kota, Salima et Mangochi, tous situés en bordure du lac du même nom, et sa culture est un élément majeur de la production agricole nationale.

Il existe actuellement plus de 300 variétés de manioc cultivées dont certaines sont peut-être identiques, les appellations étant simplement différentes selon les endroits où elles sont produites. La plupart des variétés cultivées dans le sud et dans certaines régions du centre du Malawi ont été introduites du Mozambique entre les XVII^{e} et XIX^{e} siècles par des commerçants ou des immigrants. De même, dans les régions du nord et une partie du centre, les variétés cultivées proviennent de Tanzanie et du Mozambique. En 1967, on comptait 75 000 ha en manioc et 43 000 ha en patate douce et ces superficies ne semblent pas avoir changé ; certains rapports indiquent même qu'elles auraient diminué. (Jacoby, 1967 ; Sauti, 1980).

Ce sont les hommes qui défrichent la terre et, par la suite, les femmes se chargent de tous les travaux culturaux (Mhone, communication personnelle). Dans les régions où existent des différences saisonnières prononcées, c'est-à-dire une saison sèche et une saison humide, on plante le manioc au début de la saison des pluies et on le récolte 9 à 12 mois plus tard. Les champs sont petits, d'une superficie moyenne de 20 ares, environ. Les rendements sont faibles.

La terre elle-même est l'un des facteurs qui limitent la production du manioc au Malawi, et il n'y a guère d'espoir qu'on puisse accroître les superficies se prêtant à sa culture. Les sols saturés le long des rivières et dans la plupart des dambos sont laissés à l'abandon, la saison suivante, ou ne produisent que de faibles rendements (10 t/ha) à cause du pourridié.

Les préférences des cultivateurs

Les préférences des cultivateurs et les façons culturales de chaque région écologique déterminent les superficies affectées à la culture du manioc. Dans certains districts comme Nsanje, Chikwawa, Kasungu et Mzimba, le manioc est une culture de subsistance ou de rapport marginal ; il est consommé comme repas et sa farine sert à préparer une sorte de bière. Le coton, le maïs, l'arachide, les fèves et le tabac sont les cultures prédominantes. Le manioc est cultivé en monoculture si le cultivateur compte le vendre ; autrement, on le plante en bordure des parcelles. Il est cultivé dans les sols marginaux et dans d'autres qui resteraient en friche ; parfois on le plante directement dans les sols nouvellement défrichés.

Dans une proportion d'environ 90 % on cultive le manioc doux, qui mûrit après 9 à 12 mois. Les racines laissées en terre trop longtemps ont tendance à se lignifier. Dans ces circonstances, les cultivateurs sont obligés de les récolter de bonne heure

lorsqu'elles sont encore relativement petites et ne tirent donc que partiellement profit de la récolte.

Le long du lac, de Nkhota-kota à Karonga, le manioc sert à l'alimentation courante. Toutefois, l'introduction de la culture irriguée du riz a provoqué une évolution progressive des habitudes alimentaires de la région. Le riz et le maïs complètent aujourd'hui les régimes à base de manioc et les cultivateurs ne dépendent plus seulement de ce dernier. Cette évolution a entraîné une réduction des superficies cultivées en manioc. Contrairement aux pratiques des régions sud, on cultive dans la région du lac à peu près 95 % de manioc amer.

Maladies et parasites

Les maladies constituent un gros obstacle à la culture du manioc au Malawi, en particulier la mosaïque (MM) qui est propagée par l'aleurode. L'infestation a été virulente pendant la saison 1974–1975, en particulier dans la région de Chiweta-Mlowe, sur les rives nord du lac Malawi. La plupart des cultivars locaux sont sensibles à la maladie et les rendements sont très faibles dans les champs infestés (2–10 t/ha de racines fraîches en 12–24 mois), comparativement à un potentiel de plus de 20 t/ha. La situation ne cesse de se détériorer du fait que, manquant des conseils techniques nécessaires autant que de plants sains, les cultivateurs continuent de planter des boutures infectées (Tableau 1). Assez curieusement, les régions du centre et du sud où on cultive surtout le manioc doux, sont beaucoup moins affectées par le virus de la mosaïque et exemptes de brûlure bactérienne.

L'aleurode (*Bemisia tabaci*), la sauterelle élégante (*Zonocerus elegans*), le tétranyque (spp *Tetranychus*) et diverses cochenilles, dont (spp *Aonidiomytillus*) comptent parmi les ennemis du manioc au Malawi où ils causent des dégâts d'une importance variable (Terry et MacIntyre, 1975). L'aleurode est considéré comme le plus dangereux des quatre insectes. On a signalé le tétranyque seulement dans le nord de Karonga et à Mkondezi, dans la baie de Nkhata. On signale également des dégâts aux récoltes à leurs débuts par les termites et les fourmis, surtout dans les régions à périodes sèches.

Commercialisation et cultures auxiliaires

Malgré l'intérêt apporté par l'Admarc (Agricultural Development and Marketing Cooperation) à l'achat de chips de manioc, la quantité offerte en vente à cet organisme a été en diminution constante depuis 1974. Cette année-là les quantités achetées s'élevaient à 8 100 t. Un an plus tard, elles tombaient à 2 600 t et n'étaient plus que 1 700 t en 1979. Si cette diminution des ventes est un reflet direct de la production du manioc au Malawi, il n'y a guère de doute que celle-ci est en baisse très nette.

Malheureusement, ce ne sont que les cultivateurs de Mulanje, Machinga et Thyolo qui vendent des chips à l'Admarc. Des 1 700 t achetées par celle-ci, 16 tonnes seulement provenaient de Nkhota-kota et de la baie de Nkhata qui étaient, en 1979, les principales régions productrices de manioc. Ce fléchissement peut être imputable à plusieurs facteurs, tels que les méthodes de commercialisation et l'intérêt croissant accordé à la culture du maïs hybride dont le prix de vente est plus élevé que celui du manioc. Le prix courant des chips de manioc est de 3 rambalas/kg (9 rambalas = 1 $US) tandis que le maïs se vend 6,6 rambalas/kg (Salifu, 1980).

Compte tenu de ces différences de prix, le bon producteur de maïs hybride, qui peut atteindre des rendements de 8 000 kg/ha, en retirera un revenu net d'environ 300 kwachas/ha (1 kwacha = 0,9 $US) ; et le producteur moins favorisé de maïs, qui peut espérer récolter 4 000 kg/ha en bonne saison, en retirera 100 k de revenu net. Comparativement, le bon producteur de manioc, pour un rendement moyen de 5 000 kg/ha, retirera environ 150 kwachas/ha, et le moins bon 30 k pour un rendement moyen de 2 000 kg/ha. Dans des endroits comme Kasungu et Mulanje, ce sont les cultures auxiliaires de rapport comme le tabac, l'arachide, les fèves, le riz et le maïs qui prédominent, et dans la vallée de Shire, ce sont le coton, le riz et les fèves.

En plus de ces désavantages au niveau des rendements et des prix, la commercialisation des produits du manioc n'est pas encore rationnellement organisée dans les principales régions productrices. Au Kawing, par exemple, le manioc offert en vente à l'Admarc passe, en grande partie, par des intermé-

Tableau 1. Effet de la mosaïque sur le rendement du manioc (poids frais en t/ha).

Plantons	Gomani		Mbundumali		Moyenne	
	1978	1979	1978	1979	1978	1979
Pas d'infection	22,73	15,45	38,17	31,03	30,45	22,26
Infection bénigne	10,74	21,89	32,81	21,23	21,53	21,56
Infection modérée	8,31	9,60	4,31	13,61	6,36	11,60
Forte infection	3,29	8,40	3,81	8,06	3,55	8,23

diaires qui achètent les chips aux endroits stratégiques. Comme les rendements par superficie unitaire sont faibles dans la région à manioc, sur les rives du lac Malawi, les cultivateurs ne sont guère tentés d'offrir le peu qu'ils récoltent à l'Admarc.

Entreposage

Le manioc entreposé, même à l'état sec et malgré sa faible teneur en humidité, moisit si on le conserve trop longtemps, et est attaqué par les charançons (Aides à la vulgarisation, 1969). Comme les cultivateurs ne peuvent récolter et entreposer de grandes quantités de racines, ils doivent les laisser enfouies dans le sol, et la terre reste ainsi mobilisée par une récolte qui aurait dû être extraite aussitôt pour faire place à une autre. Ainsi donc, les cultivateurs ne sont pas enclins à étendre les superficies qu'ils cultivent en manioc, et risquer ainsi d'avoir sur les bras une quantité de racines gâtées ou fortement lignifiées.

Gestion

La plupart des cultivateurs enlèvent à peine les mauvaises herbes ou, au mieux, ne font qu'un sarclage. Ils n'emploient pas d'engrais et si la récolte est attaquée par la mosaïque, les rendements en sont sérieusement affectés, surtout si la plantation a été effectuée avec des boutures infectées. On considère trop souvent le manioc comme une plante rustique et peu exigeante, mais il répond cependant avec avantage aux traitements culturaux.

Travaux de recherche

Bien que le manioc ait été introduit au Malawi tout comme d'autres plantes qu'on y cultive, on lui a consacré peu de recherche et, en conséquence, la vulgarisation laisse à désirer, quand elle ne fait pas totalement défaut. Cette culture n'a jamais été considérée comme très économique ou comme de grande valeur au point de vue nutritif. Le ministère de l'Agriculture déclarait en 1951 : « la famine a fait ressortir la valeur du manioc, en particulier, et il est à espérer qu'il restera, dans son état actuel, une récolte de réserve en cas de famine. » Jusqu'en 1949, les cultures vivrières dans ce qui était alors le Nyassaland (Malawi) comprenaient le maïs, le sorgho, les mils, le riz, le blé, l'arachide et les légumineuses à gousses (Ministère de l'Agriculture, 1952). C'est à la suite de la famine de 1949 que le manioc s'est inscrit au nombre des cultures vivrières en 1950, et la patate douce en 1952. Le peu de recherches effectuées dans ce domaine se résumait à des observations et on n'attachait pas grande importance à les poursuivre. C'est ce qui explique la pénurie d'information technique sur le manioc dont on se plaint aujourd'hui.

Ce n'est qu'en 1975 que la recherche a connu un regain d'activité par suite de l'apparition du virus de la mosaïque mais, même depuis cette époque, elle a manqué de continuité à cause du manque de personnel.

Stratégies de recherche actuelles

En 1975, le Service de la recherche du ministère de l'Agriculture et des Ressources naturelles a commencé à s'intéresser sérieusement au manioc. En 1978, un premier Malawaien était détaché à l'IITA pour s'y instruire dans les cultures de plantes-racines, et était ensuite nommé coordonnateur national de ces cultures. En 1980 un autre agent était envoyé suivre la même formation, en vue de créer une équipe qui s'occuperait du manioc.

En 1978, on a commencé à réunir une collection de manioc dont les éléments ont servi de base à des études clonales en vue de découvrir le potentiel des plants locaux.

En 1977, l'IITA a fourni 15 lots de semences qui ont servi, en 1979, à des travaux de sélection en fonction de leurs caractéristiques agronomiques et de la résistance aux maladies. On en a obtenu 150 lignées qui sont actuellement en observation dans les champs en vue de déterminer les plus prolifiques et les plus résistantes.

Les premiers coordonnateurs ont identifié les variétés Gomani, Chitembwere et Mbundumali comme étant les plus répandues dans les régions du nord. Diverses expériences ont eu lieu en vue d'étudier les effets de la date de plantation et de récolte, l'action des engrais et on a commencé des essais de variétés (Tableau 2).

Le recul de la culture du manioc est attribuable au premier chef à l'emploi de variétés à faible rendement et de procédés culturaux inadéquats. Le renouveau d'intérêt qu'on accorde au manioc a incité le

Tableau 2. Effets de la date de plantation et de l'espacement sur les rendements à l'état frais (kg/ha) à 1 an, environ, pour trois variétés de manioc au Malawi.

Date de plantation	Variété de manioc		
	Chitembwere	Mbundumali	Gomali
9 fév. 1978	48 194	24 802	19 841
13 mars 1978	19 048	21 230	18 056
11 avril 1978	8 829	8 333	8 631
10 mai 1978	8 829	9 226	1 409
Espacement (m)			
1,2	16 651	16 111	16 429
0,9	18 849	14 127	16 635
0,6	18 690	17 143	20 754

ministère à créer des champs semenciers comme sources de plants sains pour les cultivateurs. Le personnel de vulgarisation encourage ces derniers à utiliser ces plants et à éliminer tous ceux qui présentent des symptômes de mosaïque, surtout au moment de la plantation.

On recherche également des variétés de manioc résistantes et à grand rendement et l'on sélectionne des variétés introduites d'autres pays. On a commencé à constituer une collection nationale de plants locaux pour découvrir ceux qui offriraient le maximum de résistance et de rendement.

Diverses expériences agronomiques portant sur la valeur des variétés, leurs besoins d'engrais, les pratiques culturales appropriées, etc., sont actuellement en cours, et l'on s'efforce aussi de développer les infrastructures dans la plupart des régions productrices de manioc. Diverses institutions se sont intéressées à ces projets et consentent à les financer, notamment quand ils concernent la recherche et la production de manioc. On étudie les possibilités d'utilisations secondaires de la plante, telle la production d'alcool comme carburant, etc.

Je remercie M. H.K. Mwandemere pour le concours qu'il m'a apporté en relisant cet exposé et en m'aidant de ses remarques et de ses précieux conseils. Mes remerciements vont également au personnel de la Station de recherche agricole de Lunyangwa et à tous les amis qui m'ont aidé directement ou indirectement dans la préparation de ce texte, notamment H.J.K. Chirwa. Enfin j'exprime ma reconnaissance au Secrétaire pour l'agriculture et les ressources naturelles qui en a approuvé le contenu.

Une appréciation de certains des principaux sols cultivés en manioc dans le sud du Nigéria

J.E. Okeke et B.T. Kang

Institut national de recherche pour les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria) et Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan (Nigéria)

Expérience de culture du manioc sur sept sols différents qui forment généralement la couche arable des forêts et savanes du sud du Nigéria où on produit cette plante-racine. Les sols de la zone forestière (Araromi, Egbeda et Apomu) produits par l'altération du socle rocheux ont un potentiel de production plus élevé que les sols de grès (Alagba, Onne et Nkpologu) ou les sols sableux des savanes (Shante). Les sept sols ont réagi différemment à l'apport de N, P, K, Mg et S et on a pu observer des carences en Zn. Ces données peuvent servir de base pour la conduite d'expériences sur les engrais.

A pot trial was carried out with cassava and seven benchmark soils commonly used for cassava production in the forest and derived savanna of southern Nigeria. Soils from basement complex rocks from the forest zone (Araromi, Egbeda, and Apomu series) have higher potential for cassava production than those derived from sandy sedimentary rocks (Alagba, Onne, and Nkpologu series) or sandy soil from derived savanna (Shante series). Differential N, P, K, Mg, S responses and Zn deficiency were also observed among the seven soils. The data obtained can be used as a guide for fertilizer experiments.

Dans le système traditionnel de jachère de brousse, le manioc vient généralement en fin d'assolement, parce qu'il peut encore donner un rendement convenable dans des sols épuisés. Cependant, il peut aussi produire beaucoup lorsqu'on le cultive en bonnes terres ou avec un supplément judicieux d'engrais chimiques. Dans des essais à échelle réduite effectués dans l'État centre-est du Nigéria, Ezeilo (1977) a rapporté de fortes augmentations de rendement, de 21 à 181 %, obtenues économiquement par des applications de NPK. D'autres enquêteurs ont signalé l'effet favorable de N, P et K sur le manioc dans diverses régions du sud du pays (Irving, 1956 ; Amon et Adetunji 1973 ; Obigbesan 1977 ; Obigbesan et Fayemi 1976 ; Kang et alii, 1980).

Dans le cadre de la politique du gouvernement du Nigéria de développer les cultures vivrières, l'attention se porte avec plus d'insistance sur l'emploi des engrais chimiques pour améliorer les rendements en manioc. À cette fin il est utile d'étudier de plus près les réactions de la plante à la composition des sols en éléments nutritifs dans les principales régions où on la cultive. Comme première initiative, nous avons donc effectué des essais en serre pour évaluer la teneur en éléments nutritifs de sept sols caractéristiques du sud du Nigéria, où la culture du manioc est répandue.

Matériels et méthodes

Le Tableau 1 donne la liste des échantillons de sols examinés. Leur texture a été mesurée par la méthodes de l'hydromètre. Pour les mesures du pH à l'électrode de verre on adopte un rapport sol : eau de 1 : 1 ; le carbone organique a été calculé par une variante de la méthode Allison de digestion humide ; l'azote total, par la méthode Kjeldahl, et le phosphore extractible à l'aide d'un réactif Bray n° 1. Les cations échangeables ont été extraits à l'acétate d'ammonium 1 N, et le zinc extractible a été mesuré après extraction à l'acide chlorhydrique 0,1 N.

Les échantillons de plants ont été digérés dans un digesteur Tecator, modèle 40, en aluminium ; comme réactifs, on s'est servi des acides nitrique, chlorhydrique et perchlorique. Le phosphore a été mesuré au moyen d'un autoanalyseur Technicon, le potassium à l'aide d'un photomètre à flamme EEC, et le zinc avec le spectrophotomètre à absorption atomique Perkin Elmer, modèle 403 ; l'azote a été mesuré par le procédé de distillation micro-Kjeldahl.

L'essai en serre a été effectué en parcelles divisées en quatre répliques. Les parcelles principales représentaient les sept types de sol, et cinq mélanges différents d'engrais — NPKSMg, NPKS, NPKMg,

Tableau 1. Détails généraux des sept sols ayant servi aux expériences.

Ordre des sols	Série des sols	Endroits	Classement USDA	Végétation et usage du sol
Alfisol	Alagba	Ikenne	Oxie paleustalf	Repousse de brousse en zone forestière
Entisol	Apomu	IITA, Ibadan	Psammentic usthorthent	Jachère herbeuse en zone forestière
Alfisol	Egbeda	IITA, Ibadan	Oxic paleustalf	Forêt secondaire
Entisol	Shante	Ogbomosho	Psammentic usthorthent	Savane dérivée
Alfisol	Araromi	Ishoya	Oxic paleustalf	Jachère herbeuse en zone forestière
Ultisol	Nkpologu	Umudike	Typic paleudult	Jachère herbeuse en zone forestière
Ultisol	Onne	Onne	Typic paleudult	Repousse de brousse en zone forestière

NPSMg, NKSMg, PKSMg — ont été appliqués aux sous-parcelles, la parcelle témoin ne recevant aucun amendement. N, P et K ont été ajoutés à raison de 100 ppm chacun, Zn et S à raison de 20 ppm chacun. Chaque pot contenait cinq kilogrammes de terre séchée à l'air. Les engrais ont été bien mélangés à la terre et les pots ont été arrosés d'eau en quantité normale. Quatre boutures de la variété de manioc TMS 30395 ont été plantées dans chaque pot et éclaircies après deux semaines pour n'en laisser que deux. Cinq semaines après la plantation (SAP) on a épandu en couverture 25 ppm de N. La récolte s'est faite à 12 SAP. Des échantillons de feuille servant d'indices ont été recueillis à 8 SAP pour l'évaluation du Zn.

Résultats et discussion

Analyse des sols

Le Tableau 2 présente certaines caractéristiques des sols ayant servi aux essais. À l'exception de l'Araromi constitué d'un limon argilo-sableux, tous les sols étaient à texture grenue, variant du sable limoneux au limon sableux. L'Araromi, provenant de l'altération de roches amphiboliques s'est révélé le plus fertile ; l'Onne, dérivé de sédiments marins, le plus pauvre. Sauf pour ceux d'Onne, les sols contenaient peu de P extractible et ceux dérivés de matériaux sédimentaires sableux (Ikenne, Nkpologu et Onne) étaient également pauvres en K. assimilable. À remarquer également l'acidité élevée des sols d'Onne et de Nkpologu. Dans une autre étude, l'Onne a révélé de fortes teneurs en alumine extractible.

Végétation des plants

La hauteur des plants, mesurée à 5 SAP a varié sensiblement et la hauteur moyenne a été fortement affectée d'après les types de sol (Tableau 3). Bien que l'on n'ait pas constaté de différences notables attribuables aux amendements, la croissance a été la plus marquée avec la fumure complète (NPKSMg).

Le poids sec des plantes, établi à 12 SAP donne sans doute une meilleure indication de la productivité des sols que ne le fait la hauteur des plants (Tableau 4). Le poids sec moyen a également été nettement affecté par le type de sol. L'Araromi, qui avait le plus de valeur fertilisante, a donné le plus haut rendement en poids sec. Les rendements obtenus des parcelles témoins ont été inférieurs à ceux

Tableau 2. Caractères physiques et chimiques des sols ayant servi aux expériences.

Séries de sols	Analyse mécanique (%)			pH	C. Organique (%)	N. total (%)	Bray-1 P (ppm)	Cations extractibles (me/100g)			ZN extractible (ppm)
	Sable	Limon	Argile					K	Mg	Ca	
Apomu	85	7	8	6,0	1,13	0,18	6,0	0,25	1,07	2,90	3,3
Alagba	81	9	10	6,0	1,40	0,18	1,8	0,08	2,00	3,20	2,4
Shante	91	5	4	6,4	1,10	0.08	6,0	0,33	0,07	1,70	0,8
Egbeda	70	15	15	6,4	1,60	0,29	3,0	0,60	2,40	4,10	6,8
Araromi	51	19	30	6,0	2,50	0,39	6,3	1,20	2,50	8,70	23,1
Nkpologu	87	5	8	4,9	1,40	0,13	6,9	0,08	0,50	1,20	0,7
Onne	81	7	12	4,1	1,03	0,14	41,7	0,21	0,23	0,38	1,5

Tableau 3. Effets des engrais et des types de sols sur la hauteur (cm) de la variété de manioc TMS 30395 à 5 SAP.[a]

Engrais utilisés	Egbeda	Apomu	Alagba	Araromi	Onne	Nkpologu	Sante	Moyenne des engrais
Témoin	19,8	21,8	13,0	18,8	15,8	17,0	14,0	17,1
NPKSMg	21,5	19,8	20,8	17,8	17,5	17,3	15,3	18,5
NPKS	20,0	18,5	21,8	16,0	18,5	14,5	16,0	18,5
NPKMg	19,8	17,8	23,8	15,5	13,5	17,5	14,0	18,3
NPSMg	21,5	19,0	19,8	17,3	20,3	16,5	16,3	18,6
NKSMg	15,8	17,5	14,8	18,0	18,3	14,0	16,0	16,3
PKSMg	21,5	19,0	18,8	20,3	15,3	13,5	15,0	17,6
Moyenne des sols	20,0	19,3	18,9	17,9	17,0	15,8	15,5	

a) Type de sol : EN = ± 0,72 ; DMS 5 % = 2,2 ; SAP = Semaines après plantation

des sols ayant reçu le mélange complet d'engrais. Les traitements sans azote et sans phosphore ont donné, en moyenne, les plus faibles rendements dans tous les sols.

En comparant les effets des engrais chimiques dans les divers sols, on constate que les plants ont bien répondu à l'apport d'azote dans les sols d'Alagba, Onne, Nkpologu et Shante ; de phosphore dans les sols d'Araromi, Egbeda, Apomu et Alagba ; de potassium dans les sols d'Araromi, Apomu, Alagba et Onne. En outre, les rendements en matière sèche ont augmenté dans tous les sols par l'addition de soufre, notamment ceux d'Apomu et Shante. Quant au magnésium il a sensiblement augmenté la matière sèche dans le Shante.

Les éléments nutritifs dans les plantes

Les limbes de feuilles servant d'indices à 12 SAP ont révélé que le sol d'Araromi a produit les plants ayant la plus forte teneur en azote, celle-ci variait de 5 à 6 % et n'a pas été sensiblement modifiée par un apport d'engrais (Tableau 5). Pour les plants en d'autres sols, leur teneur en azote a augmenté nettement avec un supplément de N, bien que, dans ceux d'Alagba, Shante et Nkpologu, cet élément se soit maintenu en dessous du niveau critique de N indiqué par Howeler (1978). On peut en conclure que les doses de 125 ppm de N sont insuffisantes dans ces sols.

Les plants de tous les sols ont réagi de façon nettement favorable à des apports de phosphore, avec une teneur plus élevée des feuilles en cet élément. De façon générale cette teneur, sans apport supplémentaire de phosphore, s'est maintenue en deçà du seuil critique de 0,2 % indiqué par Howeler (1978) pour cet élément.

Les feuilles de plants dans les sols d'Egbeda et Araromi contenaient le plus de potassium, et celles des plants d'Alagba, Nkpologu et Onne, le moins. Ces dernières ont réagi favorablement à un apport de potassium supplémentaire.

On a relevé de faibles teneurs en Zn dans les limbes de feuilles, à 8 SAP (Tableau 6), ainsi que les carences en cet élément sur les plants cultivés en sols d'Alagba, Nkpologu et Shante. Dans les plants indiquant ces déficiences, les teneurs oscillaient entre 18 ppm et 27 ppm, c'est-à-dire en deçà du seuil critique de 35 ppm indiqué par Howeler (1978). Cependant, ces teneurs ont semblé nettement augmenter dès la

Tableau 4. Effets des types de sol et des engrais sur le poids sec des plants (g) à 12 SAP.[a]

Engrais utilisés	Araromi	Egbeda	Apomu	Alagba	Onne	Nkpologu	Shante	Moyenne des engrais
Nil	20,0	16,4	13,8	11,8	15,4	9,6	10,5	13,9
NPKSMg	23,9	19,7	21,4	20,4	15,7	16,2	14,5	18,8
NPKS	21,4	18,3	19,9	18,4	16,1	14,0	10,6	17,1
NPKMg	18,8	15,1	15,7	17,3	14,3	14,5	9,9	15,1
NPSMg	19,7	22,5	16,0	16,0	12,6	14,5	13,3	16,4
NKSMg	19,0	13,3	15,1	14,5	13,9	14,6	14,2	14,9
PKSMg	24,1	16,3	15,9	12,6	12,5	11,9	10,9	14,9
Moyenne des types de sol	21,1	17,4	16,8	15,9	14,4	13,6	12,0	15,9

a) Type de sol : EN = ± 0,82 ; DMS 5 % = 2,45 ; EN = ± 0,72 ; DMS 5 % = 2,00 ; engrais utilisés dans un type de sol : EN = ± 1,89 ; DMS 5 % = 5,3.
(EN = erreur normalisée)
(DMS = différence la moins significative)

Tableau 5. Concentrations de N, P, K (%) dans le limbe foliaire indice de l'action des engrais et du type de sol (12 SAP).

	Egbeda	Alagba	Apomu	Shante	Nkpologu	Onne	Araromi	Moyenne des engrais
				N (%)				
Témoin	4,5	3,5	3,9	3,2	3,1	4,4	6,0	4,1
NPKSMg	5,0	4,2	5,4	4,4	4,9	5,3	5,5	5,0
NPKS	5,2	3,8	5,2	4,9	3,4	6,4	5,9	5,0
NPKMg	5,0	3,8	5,2	5,1	4,5	5,6	5,5	5,0
NPSMg	5,2	4,0	5,0	4,6	3,6	5,3	5,7	4,0
NKSMg	5,8	3,9	3,3	4,5	3,4	6,0	5,1	4,6
PKSMg	4,5	3,6	4,5	3,4	3,1	4,9	5,0	4,1
Moyenne des sols	5,0	3,8	4,6	3,8	3,7	5,4	5,5	
				P (%)				
Témoin	0,14	0,22	0,18	0,25	0,15	0,16	0,17	0,18
NPKSMg	0,30	0,28	0,20	0,32	0,24	0,23	0,20	0,25
NPKS	0,20	0,13	0,30	0,32	0,22	0,24	0,22	0,23
NPKMg	0,23	0,22	0,32	0,32	0,16	0,24	0,21	0,24
NPSMg	0,30	0,20	0,31	0,26	0,24	0,30	0,34	0,28
NKSMg	0,16	0,18	0,19	0,18	0,18	0,16	0,13	0,17
PKSMg	0,32	0,30	0,30	0,39	0,23	0,21	0,28	0,29
Moyenne des sols	0,24	0,22	0,26	0,29	0,20	0,22	0,22	
				K (%)				
Témoin	2,60	1,10	1,30	1,64	1,30	1,33	2,94	1,74
NPKSMg	2,90	1,39	2,63	3,15	1,50	2,00	3,10	2,38
NPKS	2,90	0,85	2,60	2,46	1,54	3,10	2,60	2,29
NPKMg	2,90	1,30	2,50	2,46	2,86	2,45	2,60	2,44
NPSMg	2,11	0,75	1,77	1,10	1,12	1,35	2,20	1,49
NKSMg	2,97	2,17	2,10	2,33	1,51	2,01	2,90	2,28
PKSMg	1,40	1,41	1,26	1,77	1,60	2,49	2,79	1,82
Moyenne des sols	2,54	1,28	2,03	2,13	1,63	2,10	2,73	

12[e] semaine, sans autre apport de Zn, et les symptômes de carence ont à peu près disparu.

Ces données soulignent nettement l'existence d'un rapport quelconque entre les sols, le développement des plantes et leur teneur en éléments nutritifs. Il ressort également que les sols provenant de l'altération du socle rocheux des zones forestières (séries Araromi, Egbeda et Apomu) offrent de meilleures possibilités à la culture du manioc que les sols dérivés des roches sédimentaires sableuses (séries Alagba, Onne et Nkpologu) ou que les terres sablonneuses d'anciennes savanes (séries Shante).

Les réactions à l'azote des sols d'Apomu, Shante, Alagba, Onne et Nkpologu (Tableau 4) étaient prévisibles compte tenu de la faible teneur de ces sols en N et en C organique. Ces réactions se reflètent dans la couverture végétale (Tableau 1).

Les réactions au phosphore notées dans ces essais

Tableau 6. Teneurs en Zn (ppm) dans le limbe des feuilles à 8 et 12 SAP.

	Egbeda		Alagba		Apomu		Shante		Nkpologu		Onne		Araromi	
Engrais utilisés	8 SAP	12 SAP	8 SAP	12 SAP	8 SAP	12 SAP	8 SAP	12 SAP	8 SAP	12 SAP	8 SAP	12 SAP	8 SAP	12 SAP
Témoin	27	62	20	31	23	62	24	54	29	56	30	54	33	64
NPKSMg	32	40	27	38	32	39	18	16	30	32	41	44	41	55
NPKS	35	44	23	40	29	38	20	43	26	29	32	44	32	44
NPKMg	38	32	26	37	39	43	21	22	26	69	38	42	38	45
NPSMg	29	31	29	43	27	54	21	35	24	64	36	39	36	30
NKSMg	39	56	23	44	36	61	26	48	26	67	33	44	33	60
PKSMg	27	38	23	33	23	55	24	57	20	59	34	41	35	49
Moyenne	32	43	24	38	30	50	22	39	22	54	35	44	35	50

en serre (Tableaux 4 et 5) peuvent avoir un rapport avec le faible volume de terre utilisé. Comme l'ont signalé Kang et alii, (1980), le manioc n'a que peu besoin de P extérieur et les réactions, en ce qui concerne le manioc cultivé, n'ont pas de caractère général.

Les entisols sableux (Apomu et Shante) ainsi que les sols dérivés de roches sédimentaires sableuses (Alagba, Onne et Nkpologu) sont probablement plus sujets que d'autres à des carences de potassium. Les sols de savane de Shante ont également suggéré des carences en magnésium et en soufre.

Bien que l'on ait pu prévoir, au début, une carence de Zn dans les sols de Shante et Nkpologu en raison de leur faible teneur en zinc (Tableau 2) on ne s'y attendait pas dans le cas de l'Alagba où le ZN était présent en doses adéquates. La disparition ultérieure de cette carence (12 SAP) peut être attribuable à ce que les racines plus âgées ont pu explorer l'épaisseur entière de la couche arable.

Les données recueillies de cette expérience pourront être utiles à la planification d'essais portant sur la fumure aux engrais chimiques du manioc cultivé dans les principales régions productrices du sud du Nigéria.

Nous remercions l'ancien directeur général de l'IITA, W.K. Gamble, ainsi que l'ex-directeur de l'Institut national de recherche pour les plantes-racines (INRPR), M. B.E. Onochie, qui ont fourni les installations et les fonds nécessaires à nos travaux, ainsi que le directeur-adjoint du Programme d'amélioration des plantes-racines et tubercules, M. S.M. Hahn, et le directeur actuel de l'INRPR, M. L.S.O. Ene, pour leur précieux concours.

EFFETS DE L'HUMIDITÉ ET DE LA COMPACITÉ DES SOLS SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA PRODUCTION DE DEUX CULTIVARS DE MANIOC

R. LAL

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA)

Étude des effets de la tension de l'humidité et de la densité du sol sur la production de manioc dans les sols irrigués dérivés de gneiss et schiste à biotite microgrenue. Deux variétés de manioc, Isunikakiyan et la 30211 améliorée ont fait l'objet d'essais dans deux sols de densité différente humidifiés selon deux procédés. L'eau utilisée, la croissance de la plante et la production en matière sèche ont été évaluées. Les résultats ont démontré que la tension de l'humidité a des effets nocifs sur la croissance des racines et des pousses, sur l'efficacité de la consommation et de l'utilisation de l'eau, même si les variétés ne possèdent pas toutes la même tolérance. Les effets nocifs observés sont accentués lorsque le développement du système radiculaire de la plante est retardé par un sol lourd ou à faible porosité.

A study of the effects of soil moisture and soil density on cassava yields was undertaken on a well-drained soil derived from fine-grained biotite gneiss and Schist parent materials. Two soil densities and two soil moisture treatments were used. Two cassava varieties were tested — Isunikakiyan and improved 30211. Water use, plant growth, and dry-matter production were evaluated. The findings showed that soil-moisture stress adversely affects shoot and root growth, water consumption, and water use efficiency, although there are varietal differences to drought stress. The adverse effects of soil-moisture stress are accentuated when the plant's root system development is inhibited by high soil bulk density or low total porosity.

Bien que le manioc tolère relativement bien la sécheresse et puisse même survivre à 4 à 6 mois de saison sèche, la résistance des plants et le rendement de la récolte peuvent être radicalement réduits si cette situation se prolonge (Shanmugavelu et alii, 1973), et les conditions édaphiques défavorables risquent d'affecter le développement des racines. Mais ce retard peut être rattrappé si la sécheresse n'est pas trop prononcée ni trop prolongée, le manioc étant doté d'un cycle végétatif de longue durée.

Parmi les plus importants facteurs limitants de la production du manioc en Afrique, figure la tension périodique causée par le manque d'humidité. Celle-ci résulte elle-même de l'action conjuguée d'une foule de facteurs, dont les régimes de pluviosité et de température, l'espacement des racines ou leur porosité effective, ainsi que les méthodes de préparation du sol qui peuvent modifier sa capacité de rétention de l'humidité. L'abondance et la répartition des précipitations pendant la saison de culture régissent essentiellement l'ampleur de ces effets.

La température du sol et la tension causée par la sécheresse conjuguent étroitement leurs effets au point qu'il est souvent difficile de distinguer les uns des autres. Les limites de température optimale pour la zone d'enracinement sont un peu plus étendue pour le manioc que pour les récoltes de grains saisonniers comme le maïs et le soja. Néanmoins, les températures du sol dépassant 35 °C dans la zone des racines, accompagnées d'un manque d'humidité du sol, peuvent sensiblement réduire les rendements (Okigbo, 1979).

La capacité de rétention de l'humidité d'un sol dépend également de la porosité totale et de la répartition des pores d'après leurs dimensions. Les macropores en proportion relativement élevée pourront faciliter la circulation de l'air et de l'eau et assurer aux racines tubéreuses l'espace indispensable à leur développement. Dans les sols très compacts, le rapport nécessaire entre ces facteurs risque d'être sensiblement affecté (Vine, 1980).

Les propriétés physiques et nourricières des sols ainsi que les pratiques culturales peuvent, de leur côté, affecter la fréquence des infestations par les maladies ou les insectes (Hahn et alii, 1979). Par exemple, la cochenille a besoin d'une période de sécheresse bien marquée pour mobiliser ses effectifs.

Bien que le manioc doive procurer à quelque 500 millions d'individus plus de la moitié des calories qui leur sont nécessaires, sa culture est l'une de celles dont on connaît le moins les réactions à un

vaste éventail de facteurs édaphiques. La recherche, portant sur ces facteurs et leurs effets sur le développement et le rendement du manioc, n'a apporté jusqu'ici que peu d'informations. Cet exposé a donc pour but d'étudier les effets de l'humidité du sol et de sa compacité sur la végétation et le développement du manioc.

Matériels et méthodes

Les expériences dont il est question ici ont eu lieu en serre entre les mois de juin 1977 et de février 1978. Le manioc a été cultivé dans des caisses en bois de 50 × 75 × 100 cm, remplies de terre provenant du complexe d'Egbeda. Le sol en question est bien égoutté, dérivé de gneiss et schiste à biotite microgrenue (Moormann et alii, 1975) et est classifié comme Tropudalf (Taxonomie) ou Luvisol ferrique (FAO). Sa texture va de moyenne à légère près de la surface avec sous-sol sablo-argileux à argileux, et couche de gravier quartzeux angulaire et sous-angulaire immédiatement sous la surface. La concentration de gravier dans l'horizon graveleux varie de 30 à 60 %, avec une teneur en carbone organique dans la couche supérieure variant de 0,8 à 1,5 %. Dans la fraction argileuse prédominent des minéraux d'argile kaolinique et des oxydes amorphes de fer et d'alumine.

La capacité utile de rétention du sol à l'égard de l'eau est plutôt faible. Dans la classification par séries, il figure comme paleustalf squelettique argileux, kaolinique, isohyperthermique, oxique.

Des prélèvements de sol ont été effectués horizon par horizon et tassés dans les caisses dans le même ordre. Le sous-sol (5 à 10 cm de profondeur) a été tassé à deux compacités, soit 1,3 et 1,6 g/cm^3. Le tassement a été effectué de manière à éviter toute stratification des horizons successifs. On a appliqué deux traitements sol-humidité. L'aspiration à 15 cm de profondeur a été maintenue à 0,1 et à 10 bars à l'aide, respectivement, de tensiomètres et de blocs de gypse. Un tuyau d'irrigation de 2 cm, perforé, a été placé au centre de la caisse et sur toute la longueur du fond, et son extrémité inférieure ouverte a été encastrée dans une couche de 5 cm d'épaisseur de gros gravier déposée au fond de la caisse avant d'y tasser la terre. Au besoin, l'irrigation s'effectuait par ce tube qui répartissait l'eau uniformément dans toute la masse. Chaque combinaison de compacité et d'humidité du sol a été reproduite en trois exemplaires. Douze caisses ont été ainsi placées en serre, en ordre tout à fait aléatoire.

Deux variétés de manioc ont servi aux expériences : l'Isunikakiyan, variété locale haute et dressée, et la 30211 améliorée. Deux boutures de chacune ont été plantées dans chaque caisse, soit un total de 4 par caisse. La plantation a eu lieu à la mi-juin 1977 et la récolte en février 1978.

Chaque semaine, on a vérifié la hauteur des plants et le nombre des feuilles. La consommation d'eau des deux traitements était également relevée chaque semaine. Le poids des racines et des tiges a été mesuré à la récolte.

Résultats et discussion

Consommation d'eau

La consommation d'eau par le manioc a différé d'après les traitements réglant l'humidité et la compacité du sol (Fig. 1). Le maximum atteint pendant les quelque 7 mois de végétation du manioc a été de 24, 63, 90 et 102 cm, respectivement à 10 bars d'aspiration à la compacité de 1,6 ; à 10 bars d'aspiration à la compacité de 1,3, à 0,1 bar d'aspiration et compacité de 1,3[1] ; et à 0,1 bar d'aspiration et compacité de 1,6. La consommation d'eau a été en rapport avec la rapidité de développement du manioc. Le régime d'irrigation a été modifié dans une des caisses, 12 semaines environ après la plantation, l'aspiration passant de 10 bars à 0,1 bar ; la consommation de l'eau dans ce traitement en a été radicalement modifiée.

Dans des conditions optimales d'humidité et de sol, le manioc absorbe environ 4 à 5 mm d'eau par jour durant ses 6 premiers mois de végétation. En serre, cette consommation peut être un peu plus élevée qu'en culture ordinaire. Il est probable qu'elle est plus considérable pendant les derniers mois que durant les 6 premiers à cause du temps nécessaire à la formation d'une couverture complète et dense et au grossissement des racines, qui se produisent généralement après 10 mois. Cependant, la consommation cumulative d'eau pour les 6 premiers mois a été en augmentant linéairement avec le temps, sans indications de périodes spécifiques d'accroissement de la demande.

Développement des plants

La hauteur et le développement des plants ont été affectés par les traitements d'humidité et de compacité des sols (Fig. 2), bien que l'effet de l'humidité ait été plus prononcé que celui de la compacité. Il n'y a pas eu de différence de hauteur des plants entre les deux compacités dans le traitement de l'humidité avec aspirations de 0,1 bar. Cependant, la hauteur, à la compacité de 1,3 a été supérieure à celle obtenue à la compacité de 1,6 avec l'aspiration de 10 bars. En règle générale la variété 30211 est plus courte

1. Le traitement humide a été modifié 12 semaines après la plantation.

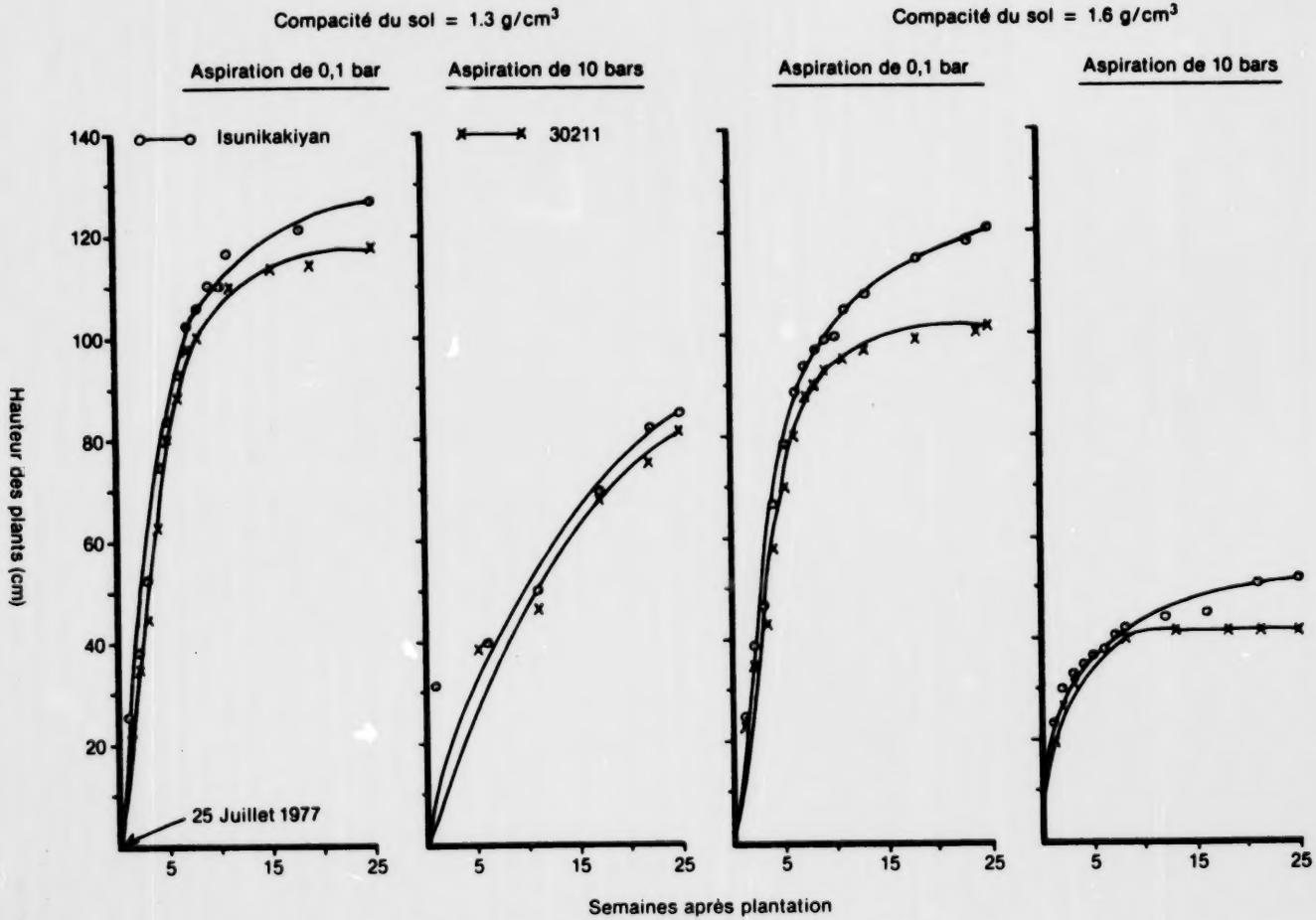


Fig. 1. *Hauteur de deux cultivars de manioc soumis à deux traitements différents du sol.*

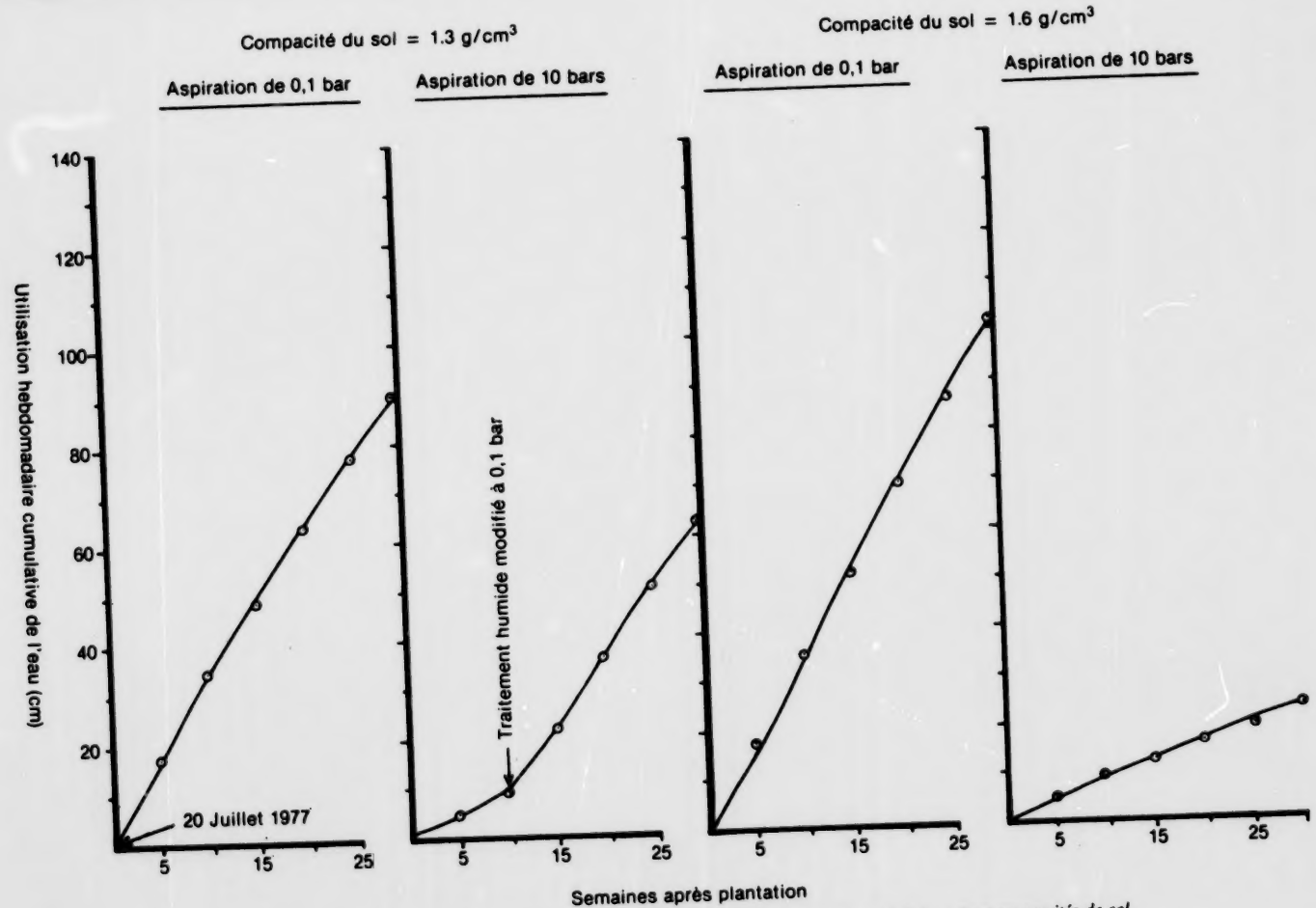


Fig. 2. *Consommation d'eau de deux cultivars de manioc exposés à la tension de l'humidité dans deux compacités de sol.*

qu'Isunikakiyan. La différence de hauteur entre les deux variétés a augmenté avec la compacité des sols et l'aspiration de l'humidité. Par exemple, la différence à 25 semaines après la plantation était, respectivement, de 9 et 4 cm pour les aspirations de 0,1 et 10 bars, à la compacité de 1,3 g/cm^3, et de 19 et 11 cm pour aspirations de 0,1 et 10 bars à la compacité de 1,6 g/cm^3. Le différence des réactions indique que 30211 est plus sensible aux conditions défavorables d'humidité et de sol que Isunikakiyan.

La hauteur des plants dans les traitements à humidité favorable a augmenté rapidement et linéairement jusqu'à 12 semaines, environ, après la plantation. Ensuite, les plants ont commencé à se ramifier latéralement et leur croissance verticale s'est ralentie. Une fois de plus, la hauteur maximale atteinte, soit 127 cm, correspondait à une aspiration de 0,1 bar et à une compacité du sol de 1,3 g/cm^3, et la hauteur minimale, soit 41 cm à l'aspiration de 10 bars et à la compacité de 1,6 g/cm^3.

Les chiffres relatifs au nombre de feuilles (Fig. 3) révèlent l'extrême sensibilité de la variété 30211 à des conditions défavorables d'humidité-sol. Isunikakiyan a conservé plus de feuilles que 30211 à tous les stades de croissance. De plus cette variété a perdu ses feuilles basses vers 10 à 12 semaines après la plantation. 30211 a perdu des feuilles indépendamment des traitements d'humidité et de compacité du sol.

Le nombre des feuilles d'Isunikakiyan à la récolte a été sensiblement affecté dans le cas des deux traitements d'humidité et de compacité. Il a été de 102 et de 60 à la compacité de 1,3 g/cm^3, et de 122 et 40 à la compacité de 1,6 g/cm^3 aux aspirations de 0,1 et 10 bars, respectivement. Le nombre maximal de feuilles chez 30211 a été relevé 12 semaines après la plantation et était de 52 et de 20 à la compacité de 1,3 g/cm^3 et de 52 et 23 à la compacité de 1,6 g/cm^3, respectivement, pour les aspirations de 0,1 et 10 bars d'humidité. Pour cette même variété, la nombre de feuilles à la récolte a été de 40 et 18 à la compacité de 1,3 gcm^3, comparativement à 34 et 11 à la compacité de 1,6 g/cm^3, respectivement, pour les aspirations de 0,1 et de 10 bars. Au même régime d'humidité, le nombre des feuilles a été plus défavorablement affecté par la compacité plus élevée du sol que par la plus faible. À compacité égale, le nombre de feuilles a été plus défavorablement affecté par une faible humidité que par une humidité élevée du sol (Fig. 3).

Rendement en matière sèche

Les rendements des pousses et des racines de manioc à l'état frais et à l'état sec, mesurés 26 semaines, environ, après la plantation, ont été sensiblement influencés par les traitements de l'humidité et de la compacité du sol (Tableau 1). Par exemple, on a relevé une réduction de 14, 20, 16 et 13 %, respectivement, du poids des racines fraîches, des racines sèches, des pousses fraîches et des pousses sèches à 1,6 g/cm^3, comparativement à 1,3 g/cm^3 de compacité, avec aspiration de 0,1 bar. À l'aspiration de 10 bars, la réduction du développement proportionnellement à l'augmentation de la compacité de 1,3 g/cm^3 à 1,6 g/cm^3 a été, respectivement, de 38, 24, 21 et 13 % en poids de racines fraîches, de racines sèches, de pousses fraîches et de pousses sèches.

Les données du Tableau 1 montrent que l'humidité du sol a eu des effets bien plus marqués sur le développement du manioc que n'en a eu la compacité. La réduction proportionnelle du développement avec l'augmentation de l'aspiration de 0,1 à 10 bars a été, respectivement, de 94 et 96 % du poids en racines fraîches, 93 et 94 % du poids en racines sèches, de 61 et 64 % du poids en pousses fraîches, et 65 et 65 % pour les pousses sèches, aux compacités de 1,3 et 1,6 g/cm^3.

Les teneurs en humidité des racines et des pousses ont également été affectées par les traitements de l'humidité et de la compacité des sols. Les teneurs en humidité des racines et des pousses à la compacité de 1,3 g/cm^3 ont été, respectivement, de 212 et 198 % à l'aspiration de 0,1 bar et de 164 et 230 % à l'aspiration de 10 bars. Pareillement, ces mêmes teneurs, à la compacité de 1,6 g/cm^3, ont été, respectivement, de 236 et 188 % à l'aspiration de 0,1 bar et de 126 et 199 % à l'aspiration de 10 bars. Indépendamment de la compacité, l'humidité des racines a nettement diminué lorsque l'aspiration de l'humidité du sol a augmenté de 0,1 à 10 bars. De plus, la teneur en humidité des racines et des pousses a été, en règle générale, plus faible à la compacité de 1,6 g/cm^3 qu'à celle de 1,3 g/cm^3.

L'humidité et la compacité ont eu un effet également sur le rapport racines : pousses. Par exemple, ce rapport entre les deux à l'état frais et sec, pour une compacité de 1,3 g/cm^3 a été, respectivement, de 1,0 et 0,96 à 0,1 bar d'aspiration, comparativement à 0,15 et 0,19 à 10 bars d'aspiration. Pareillement, le même rapport à l'état sec, pour une compacité de 1,6 g/cm^3 a été, respectivement, de 1,03 et 0,88 à 0,1 bar d'aspiration et de 0,13 et 0,17 à l'aspiration de 10 bars. L'accroissement de la compacité a eu également un effet défavorable sur le rapport racines : pousses.

L'effet utile de l'eau (EUE), comparé en poids par cm d'eau utilisé, a fortement varié d'après les traitements. À la compacité de 1,3 g/cm^3, il a été de 12,5 et 1,05 pour le poids en racines fraîches, de 4,0 et 0,4 pour celui des racines sèches, de 12,4 et 6,9 pour le poids en pousses fraîches et de 4,2 et 2,1 g/cm pour les pousses sèches aux régimes d'aspiration de 0,1 et 10 bars, respectivement. Pour la compacité de

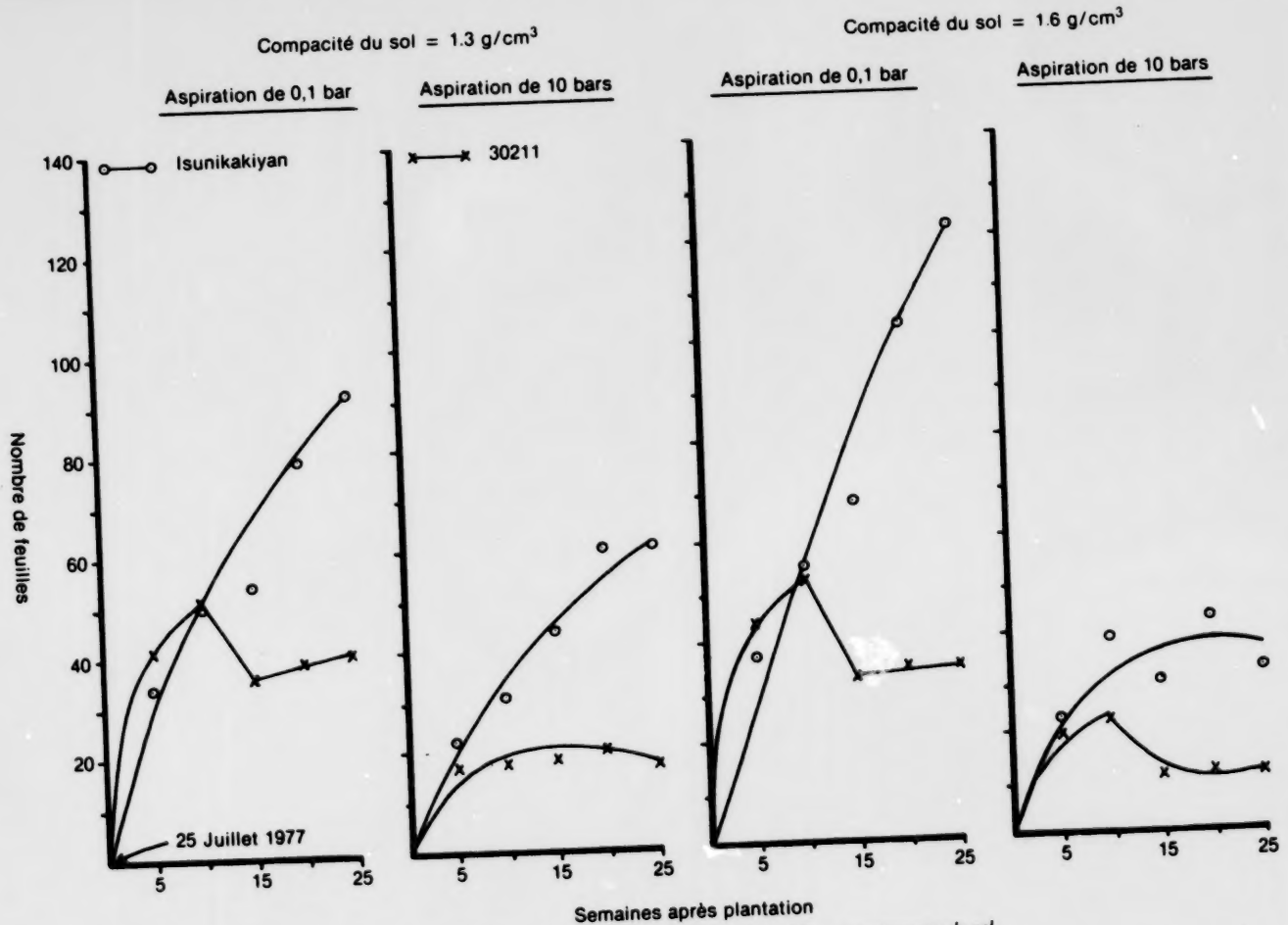


Fig. 3. *Production foliaire de deux cultivars de manioc dans différents traitements de sol.*

Tableau 1. Effets de l'humidité et de la compacité des sols sur les rendements en racines et en pousses.

	Compacité de 1,3 g/cm³		Compacité de 1,6 g/cm³	
	Aspiration de 0,1 bar	Aspiration de 10 bars	Aspiration de 0,1 bar	Aspiration de 10 bars
Racines				
Poids frais (g)	1121	66	968	43
Poids séché au four (g)	359	25	288	19
Pousses				
Poids frais (g)	1118	433	943	341
Poids séché au four (g)	375	131	328	114

1,6 g/cm³, l'effet utile de l'eau à l'aspiration de 0,1 et 10 bars, respectivement, a été de 9,2 et 2,0 pour le poids en racines fraîches, 2,8 et 0,9 pour le poids en racines sèches, 10,5 et 15,5 pour le poids en pousses fraîches et 3,2 et 5,2 g/cm pour le poids en pousses sèches. L'augmentation de la compacité a fait baisser l'EUE pour le poids frais, et le contraire a eu lieu pour le poids sec. L'EUE a cependant baissé radicalement quand l'aspiration de l'eau est passée de 0,1 à 10 bars.

Dans le cadre actuel de ces expériences, il a été difficile d'évaluer la réaction variétale au manque d'humidité du sol en termes de rendement en matière sèche.

L'effet de l'humidité du sol peut affecter défavorablement le développement des racines et des pousses, la consommation de l'eau et son effet utile. Il existe des différences variétales vis-à-vis des effets de la sécheresse. La hauteur des plants, leur vigueur et la ramification secondaire du manioc subissent aussi l'influence de l'humidité. Quand la tension devient élevée, la teneur en humidité des racines diminue plus radicalement que celle des pousses. Ces effets défavorables s'accentuent lorsque le développement radiculaire de la plante est inhibé par la forte compacité du sol ou par sa faible porosité globale.

Il serait nécessaire d'explorer les besoins en eau des plants de manioc en fonction des différentes pratiques culturales. Les effets de l'humidité du sol sur le manioc devront être évalués en termes de potentiel plante-eau. Le manioc pourrait produire les rendements élevés qu'on peut en attendre en tenant compte de façon appropriée des facteurs essentiels que sont le sol, l'humidité et les éléments fertilisants.

Comportement du manioc en fonction des dates de plantation et de récolte

F.O.C. Ezedinma, D.G. Ibe et A.I. Onwuchuruba

Département des cultures vivrières, université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Essais comparés effectués à Nsukka, 6°52″ de lat. N sur la croissance du manioc et son rendement planté et récolté à différentes dates. Pour la première expérience, du manioc planté le 14 septembre 1973 a été récolté de 9 à 13 mois plus tard à des intervalles de 15 jours. Les rendements en tiges et racines commerciales ont progressé jusqu'à la huitième récolte, soit à peu près 12 mois après la plantation pour décliner par la suite. Pour la seconde expérience, le manioc a été planté tous les quinze jours du 6 juin au 9 octobre 1974. Une troisième expérience portait sur les plantations effectuées toutes les semaines du 13 août au 15 octobre. Dans les deux derniers cas, les récoltes ont été effectuées 12 mois après la plantation et les racines, le tronc, les souches et les tiges ainsi que le nombre de feuilles au moment de la récolte ont été comparés. Le plus grand nombre de racines et les plus gros tubercules provenaient des semis effectués en juin, fin juillet et début septembre. Et ce sont les plantations faites en juin, fin août et septembre qui ont donné les souches les plus considérables mais le nombre de racines était à peu près égal au précédent. Le rendement en matières sèches a été considérablement plus élevé chez les plantes semées en septembre, ce qui permet d'avancer que la période optimale de plantations se situe à la fin plutôt qu'au début de la saison de culture. Les résultats sont étudiés par rapport aux conditions atmosphériques prévalant au moment de l'expérience.

Growth and yield of cassava at different times of planting and harvesting were studied in replicated trials at Nsukka, Nigeria. In the first experiment, cassava planted on 14 September 1973 was harvested at fornightly intervals beginning at 9 months until 13 months after planting. Yields of stakes and commercial roots showed significant increases up to the eighth harvesting at about 12 months and declined thereafter. In the second experiment, planting was done every fortnight beginning 6 June and ending 9 October, 1974. A third experiment investigated the period 13 August–15 October in weekly plantings. All the plants of the second and third experiments were harvested at 12 months after planting and the yields of roots, stems, stump (old stalk), and number of leaves at harvest were compared. The highest weight of roots was obtained from the June, late July to early September plantings, and the number of roots followed similar trends. Stump weights were highest from the June and late August to September plantings. The reduction in number of roots was not significant. Significantly higher dry-matter yields were obtained from the September plantings — a finding that suggests the best time to plant cassava is during the late rather than the early cropping season. The results are discussed in relation to ambient weather conditions during the experimental period.

Les dates de plantation et de récolte du manioc ne sont généralement pas considérées comme un facteur très important dans les hautes terres où l'humidité du sol ne provoque guère le pourridié des racines. Cependant, la pratique de conserver le manioc dans le sol nuit à l'utilisation rationnelle et à l'exploitation intensive des terres. Le problème revêt une importance particulière dans les régions populeuses comme celles du sud-est du Nigéria.

Dans un assolement comportant une récolte de manioc suivie d'une autre plante qui profitera des pluies, sans jachère intermédiaire, les dates de plantation et de récolte devraient être ordonnées de façon à faire place à la culture suivante durant la saison de végétation habituelle. Le manioc peut croître pendant toute la saison sèche sans avoir nécessairement besoin d'irrigation. De plus, on peut le cultiver à peu près n'importe quand durant la saison active de mars à octobre, avec d'égales chances de réussite. Certains rapports signalent cependant que les plantations effectuées entre mai et juillet donneraient des rendements inférieurs à celles d'autres époques. Le Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1974) rapporte que les rendements les plus élevés en racines fraîches correspondent à des dates de plantation s'échelonnant d'avril à juillet, mais avec des teneurs en fécule plus faibles pour la plantation d'avril et qui vont en augmentant ensuite pro-

gressivement jusqu'aux plantations de novembre à janvier. Les plantations de novembre à février étaient irriguées. Généralement les cultivateurs utilisent le manioc en culture intercalaire vers la fin de la saison des pluies, parce que sa couverture épaisse empêche le développement des autres récoltes, ou encore parce que les cultivateurs sont moins pressés à cette époque par d'autres activités agricoles (Okigbo, 1971). Cependant, l'intérêt croissant que l'on accorde au manioc pour ses qualités incite à avancer l'époque de plantation de la seconde à la première moitié de la saison culturale, et dans certains cas, à présent, dès mars ou avril.

Dans une série de plantations effectuées toutes les trois semaines entre le 23 avril et le 29 octobre, à Nsukka (Nigéria), Okigbo (1971) n'a observé aucun rapport significatif entre les rendements en racines et la date de plantation. Ces rendements ont été plus élevés après les plantations effectuées du 27 août au 8 octobre qu'après celles comprises entre le 23 avril et le 25 juin. L'auteur attribue l'infériorité de rendement de cette dernière période au grossissement insuffisant des racines, résultats des jours longs marquant les trois premiers mois de la plantation. On a constaté, en effet, que les jours dépassant 12 heures de lumière réduisaient le renflement des racines de manioc (Bolhuis, 1966 ; Mogilner et alii, 1967 ; CIAT, 1972, 1973), et cette durée du jour à Nsukka, à l'exclusion des heures crépusculaires, dépasse généralement 12 heures entre avril et août.

Beck (1960) a observé que toutes les racines du manioc se forment dans les 6 mois et que les augmentations de rendement subséquentes résultent de l'accumulation de la matière sèche. CIAT (1973) signale, de son côté, que le nombre des racines de manioc susceptibles de grossissement (racines tubérisées) est déterminé durant les 3 premiers mois ; l'augmentation de la matière sèche se poursuit rapidement jusqu'à 8 mois après la plantation, et plus lentement ensuite durant le reste du cycle végétatif. Balakrishnan et Sundararaj (1967) ont conclu que la meilleure époque pour la récolte du manioc se situait entre 12 mois et 12 mois et demi après la plantation et que les racines recueillies avant et après cette période étaient de qualité inférieure. Ainsi donc, on peut considérer que les meilleurs rendements tant en qualité qu'en quantité proviennent de plants récoltés 12 mois, environ, après la plantation. CIAT (1973) a fait ressortir également que l'indice de récolte augmentait jusqu'à 8 mois après la plantation et, par la suite, demeurait constant, ce qui permet de croire que le développement des racines et celui des tiges se poursuivent de pair.

Si le nombre des racines tubérisées est fixé durant les 3 premiers mois, le rendement du manioc dépend probablement plus de la quantité de matières assimilées que du nombre de racines. L'assimilation, à son tour, dépend entre autres de l'espacement et partant, des surfaces assimilantes.

Cet exposé rapportera le résultat d'autres expériences sur le comportement du manioc en culture d'arrière-saison, dans le but de rationaliser la séquence de plantation dans les régions de culture intensive du sud-est du Nigéria.

Matériels et méthodes

Nous avons effectué trois expériences à Nsukka (Nigéria) pour déterminer les dates de plantation et de récolte optimales et pour en évaluer les effets sur le rendement et le comportement général du manioc.

Dans une première expérience, l'on a planté, le 14 septembre 1973, des boutures de 22,5 cm du cultivar Congo (Panya 48086) à un mètre d'intervalle sur des buttes espacées d'un mètre avec billons transversaux pour arrêter le ruissellement ; le dispositif expérimental — méthode des blocs — consistait en un bloc complet avec distribution au hasard, (BCDH) plus quatre répétitions dans lesquelles étaient prévus 10 intervalles de récolte aux quinze jours. Chaque parcelle mesurait 10 × 6 mètres. Le sarclage et les soins culturaux courants ont été effectués selon les besoins. La fertilisation de NPK (15 : 15 : 15) à raison de 450 kg/ha a eu lieu 1 mois après la plantation. Les 10 récoltes se sont succédé à quinze jours d'intervalle depuis le 9^{e} mois jusqu'au 13^{e} après la plantation. Les échantillons comportaient 20 pieds par parcelle, prélevés dans les quatre rangs intérieurs sur 4 × 5 m.

Une deuxième expérience a porté sur 10 dates de plantation à 15 jours d'intervalle, entre le 6 juin et le 9 octobre 1974, dans un dispositif formé également d'un BCDH, plus quatre répliques. Les dimensions des parcelles et les soins culturaux étaient les mêmes que dans l'expérience précédente et la récolte a eu lieu 12 mois après la plantation. Le nombre et le poids de racines fraîches, la hauteur, le nombre et le poids des tiges, ainsi que le poids des souches (tiges primitives) ont été notés pour chaque plant lors de la récolte. Un échantillon de 10 % de la récolte de chaque parcelle récoltée a servi à établir séparément le poids sec des racines et des tiges.

Une troisième expérience devrait permettre d'explorer de plus près, à l'aide de plantations hebdomadaires, la saison de culture tardive allant de la mi-août à la mi-octobre 1975. Les dispositifs, dimensions des parcelles et pratiques culturales, ont été les mêmes et chaque plantation a été récoltée 12 mois plus tard, d'après le même ensemble d'observations que dans la deuxième expérience.

Toutes les données recueillies ont été analysées statistiquement et certaines ont été mises en corrélation avec les paramètres atmosphériques à certaines époques de la croissance des plants.

Résultats et discussions

Le rendement en racines tubérisées a augmenté de façon régulière jusqu'au 12e mois et s'est stabilisé par la suite (Tableau 1). Des augmentations similaires ont été relevées pour les souches qui, à l'instar des racines, ont atteint leur maximum après 12 mois, environ. Cette constatation laisse croire que les souches pourraient constituer une réserve de rechange pour les éléments assimilés, jusqu'à 12 mois après la plantation. Bien que le poids sec des racines tubérisées ait augmenté rapidement entre les 11e et 12e mois après la plantation, l'augmentation a cessé ensuite. Ainsi donc, la période la plus propice à la récolte du manioc semble se situer entre 11 et 12 mois après la plantation. Balakrishnan et Sundararaj (1967) ont rapporté que les récoltes effectuées avant ou après la période de 12 à 12 mois et demi tendaient à fournir des produits inférieurs. Toutefois, nous n'avons pas exploré les aspects qualitatifs du manioc récolté.

Bien que le manioc puisse rester enfoui dans le sol et être récolté au fur et à mesure des besoins, il semble que la récolte en une seule fois à 12 mois, environ, soit beaucoup plus avantageuse lorsque les racines doivent être transformées.

Des résultats précédents concernant les dates de plantation à Nsukka (Okigbo 1971) ont révélé que le manioc planté après le mois de juin produisait un plus grand poids de racines tubérisées qu'après une plantation plus hâtive. Pour notre étude, nous avons exploré de plus près la période de juin à octobre à l'aide de plantations échelonnées de 15 en 15 jours et commençant le 6 juin pour se terminer le 9 octobre 1974 (Tableau 2).

Les rendements en racines fraîches n'ont pas sensiblement varié pour aucune des dates, contrairement aux rendements en matière sèche. Ces derniers ont atteint leur maximum avec la plantation au 11 septembre, et leur minimum avec celle du 6 juin. La moyenne mensuelle la plus basse des rendements en matière sèche a été celle de juin (4,4 t) augmentant ensuite régulièrement en juillet 6,9 t) et en août (7,8 t), pour atteindre son sommet en septembre (8,5 t) et descendre ensuite en octobre (5,9 t). Ces résultats concordent avec d'autres rapports antérieurs (CIAT, 1974), d'après lesquels, même si les rendements en racines fraîches peuvent être plus élevés après une plantation hâtive (avril–juin), les teneurs en matière sèche et en fécule sont au plus bas après les plantations d'avril mais, ensuite, augmentent régulièrement jusqu'en novembre–février, lorsque les plantations en saison sèche ont été irriguées. Dans notre étude, en l'absence d'irrigation, les rendements ont baissé en octobre, indiquant que le manque d'humidité freine l'accumulation de la matière sèche.

Le nombre et le poids des tiges fraîches ont été les plus élevés pour les plantations en juin et juillet, et les plus bas pour celles de fin septembre et octobre. Pareillement, le poids des souches a eu tendance à baisser depuis les plantations de juin jusqu'à celles d'octobre, tandis que celles de juillet à octobre ont conservé un feuillage plus abondant que les récoltes plantées en juin. Alors que les plantations en septembre et au début d'octobre ont donné le rapport le plus élevé de sommités : racines, soit 7,78 et 0,80 respectivement, ces rapports ont été de 1,13, 1,13 et 1,16 pour juin, juillet et août. Pareillement, les indices de récolte ont été plus élevés en septembre (57 %) et en octobre (56 %) et plus bas en août (46 %) et en juin-juillet (47 %). Les résultats suggèrent en outre que les plantations de juin et juillet ont tendance à produire beaucoup de tissus structuraux, en particulier des souches au détriment de la formation des tubercules.

Bien qu'il existe une corrélation positive et significative entre les rendements de tubercules et ceux de tiges ($r = 0,6914$) et de souches ($r = 0,6896$), la faible valeur de ces corrélations vient confirmer l'opinion qu'une végétation et un développement excessifs des tiges et des souches peut nuire sérieusement au développement des racines tubérisées. S'ajoutant aux rapports plus élevés entre sommités et racines observés pour les plantations de juin–juillet, les résultats de cette étude confirment

Tableau 1. Rendement des tiges anciennes et des racines tubérisées de manioc planté le 14 septembre 1973, en fonction de la date de récolte.

Rendement	Âge à la récolte (mois après plantation)										Erreur normalisée (±)[a]
	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	
Poids sec des vieilles tiges (t/ha)	1,08	1,05	1,25	1,53	1,50	1,59	1,73	1,76	1,62	1,66	0,13*
Poids sec des racines (t/ha)	2,41	2,89	3,69	4,88	5,53	5,65	7,42	7,34	6,90	6,92	0,81*
Teneur des racines (%) mat. sèches	31,3	31,6	32,3	32,6	39,8	41,2	39,6	42,2	44,9	41,3	2,25**

a) *significative à 5 % de probabilité ; ** = significative au seuil de 1 %.

Tableau 2. Effets de la date de plantation sur les rendements du manioc, 12 mois après la plantation.

Moyennes	Dates de plantation										Erreur normalisée (±)[a]
	Juin 6	Juin 19	Juil. 3	Juil. 17	Juil. 31	Août 14	Août 28	Sept. 11	Sept. 25	Oct. 9	
Haut. des plants (m)	2,25	2,04	1,83	1,08	2,06	2,08	2,24	2,16	1,92	1,99	0,08*
Tiges/parcelle	35	34	35	34	31	33	29	26	22	22	1,98**
Tiges/plant	1,8	1,7	1,8	1,7	1,5	1,7	1,5	1,3	1,1	1,1	0,99**
Feuilles/plant	75	71	74	106	89	111	118	115	89	87	9,64**
Tiges (kg/parcelle)	14,5	12,5	12,2	11,8	11,1	11,3	11,0	10,3	6,3	5,4	1,15***
Tiges (t/ha)	7,2	6,3	6,1	5,9	5,6	5,7	5,5	5,2	3,2	2,7	0,5***
Vieux rejets (kg/parcelle)	2,3	2,0	1,8	2,1	1,7	1,6	1,9	1,8	1,3	1,4	0,14***
Vieux rejets (t/ha)	1,2	1,0	0,9	1,1	0,9	0,8	1,0	0,9	0,7	0,7	0,07***
Racines/parcelle	175	187	191	222	170	198	180	209	129	146	10,80***
Racines tubérisées/parc.	67	60	36	55	39	43	56	65	31	44	3,56**
Racines tubérisées (t/ha)	16,3	15,8	11.6	14,9	14,2	14,0	15,5	16,5	14,4	10,5	1,33 NS
Poids sec de racines tubérisées (t/ha)	4,4	6,0	6,2	7,2	7,3	8,1	7,5	9,2	7,7	5,9	0,98*
Rapport–sommités/racines	1,27	1,00	1,14	1,15	1,11	1,14	1,18	0,88	0,67	0,80	NA

a) NS = non significatif ; * = significatif à 5 % de probabilité ; ** = significatif au seuil de 1 %; *** = significatif au seuil de 0,1 %; NA = non analysé statistiquement.

les observations antérieures (Okigbo, 1971 ; CIAT, 1974) voulant qu'il soit préférable de planter le manioc après le mois de juin, et de préférence en septembre. La plantation en septembre du manioc permet à une autre plante hâtive d'être récoltée ou de parvenir à maturité avant l'introduction du manioc comme culture de relève, ou en association modifiée.

Il existe une autre corrélation positive et significative entre le poids en racines sèches et l'ensoleillement dont la récolte bénéficie entre 3 et 9 mois ($r = 0,6373$), bien que cette influence ait paru plus prononcée entre 3 à 6 mois ($r = 0,7554$) que pour toute autre période trimestrielle. Le rapport négatif observé à 9–12 mois ($r = 0,4742$) permet de supposer que, durant cette période, le manioc cesse d'emmagasiner activement des réserves dans ses racines et pourrait même puiser dans celles existantes pour soutenir le développement des tiges et d'autres tissus.

On a noté une faible corrélation positive ($r = 0,2844$) entre la pluviosité de 0 à 3 mois et le rendement final en matières sèches des tubercules. On pourrait l'attribuer aux effets de l'humidité qui permet aux boutures de survivre et de s'enraciner. Un rapport semblable à 6-9 mois ($r = 0,1456$) pourrait être attribuable aux besoins de développement des tubercules, à ce stade. Durant les périodes précédentes de 3 mois, avec la végétation en plein développement, la pluviosité tendait à être en corrélation

Tableau 3. Observations concernant les rendements du manioc plantés à intervalles d'une semaine vers la fin de la saison de culture.[a]

	Racines (total/ parcelle)	Racines (kg/ parcelle)	Racines commerc. (total/ parcelle)	Racines commerc. (% du poids total)	Racines commerc. (kg/ racine)	Racines commerc. % mat. sèche)	Souches (kg/ parcelle)
13 août	506	38,1	104	82,0	0,29	33	4,8
20 août	505	33,4	93	78,7	0,31	34	4,5
27 août	444	38,9	99	98,5	0,39	33	4,2
3 sept.	417	38,6	97	95,4	0,38	37	4,2
10 sept.	379	44,1	101	96,1	0,42	39	4,5
17 sept.	384	46,3	109	95,1	0,39	40	4,3
24 sept.	405	41,3	102	96,2	0,39	36	4,3
2 oct.	438	40,6	92	95,7	0,43	37	3,3
8 oct.	425	32,3	79	94,5	0,39	36	3,2
15 oct.	413	31,8	80	93,4	0,38	40	3,9
(SE) = EN ±	49,01	4,83	8.20*	3,46**	0,03**	6,77	1,44

a) * = significatif au seuil de 5 % ; ** significatif au seuil de 1 %.

négative avec le poids des racines à l'état sec. Ces constatations semblent indiquer que le manioc n'est pas une plante qui affectionne l'humidité mais qu'elle a besoin de pluies modérées à presque tous les stades de son développement, en particulier aux périodes où ses racines emmagasinent la fécule et grossissent rapidement. CIAT (1973) a signalé que l'accumulation de la matière sèche dans les racines est rapide entre 3 et 8 mois et se poursuit ensuite plus lentement jusqu'à la récolte. Ce qui permet d'avancer que les facteurs limitants du rendement sont surtout manifestes lorsque les conditions de végétation, notamment la pluviosité et l'ensoleillement, laissent à désirer en cette période de croissance.

La saison culturale tardive, quoique permettant en général des rendements élevés de manioc, présente cependant des variations légères qui, en certains cas, entraînent des différences sensibles dans les résultats de la récolte (Tableau 3).

L'analyse des observations par ordre d'importance révèle que l'époque la plus propice à la plantation du manioc se situe entre la dernière semaine d'août et la première d'octobre.

Nos résultats (Tableau 4) indiquent que le poids et le nombre des racines commerciales sont reliés positivement et de façon significative, mais que leur rapport avec le total des racines est négatif et également significatif. Pareillement, le poids moyen des racines commerciales est en corrélation négative mais non significative avec le total des racines récoltées.

Ces résultats démontrent que, même si la plantation en début de saison favorise une végétation vigoureuse, les rendements réels à la récolte sont généralement moindres que ceux obtenus des plantations en fin de saison. Il y a donc très peu d'avantage à planter le manioc de très bonne heure dans la région de Nsukka. Il est néanmoins significatif que les cultivateurs de cette région utilisent en général le manioc en culture tardive et que, dans certains cas, la plantation se poursuit jusqu'au début de novembre. Le manioc a besoin d'une certaine humidité pour bien s'implanter, et les pluies tardives de septembre et octobre suffisent généralement à assurer de bons rendements.

Tableau 4. Coefficient de corrélation par rang, entre les rendements et certains éléments du rendement (Sperman).

Eléments	Corrélation par rang $(r_s)^a$	t
Rendement en racines commerciales Vs total des racines récoltées	−0,6363*	2,335
Rendement en racines commerciales Vs nombre de racines commerciales	+0,7484**	3,374
Poids moyen des racines commerciales Vs total des racines récoltées	−0,3576 NS	1,180
Rendement en racines commerciales Vs pourcentage de matière sèche des racines commerciales	+0,3697 NS	1,105

a) NS = non significatif ; * significatif au seuil de 5 % de probabilité ; ** = significatif au seuil de 1 %.

Effets des cultures précédentes sur les rendements du manioc, de l'igname et du maïs

S.O. Odurukwe et U.I. Oji

Institut national de recherche pour les plantes-racines, umudike, umuahia (Nigéria)

Rapport des 4 années d'essais comprenant 21 séries de cultures d'assolement associant l'igname, le manioc et le maïs en vue d'apprécier les effets de chaque culture sur la suivante et le rendement calorique total. Les champs ont été amendés chaque année avec N, P, K et du compost. Les rendements des séries de culture ont été très variés. Pour la quatrième année, la production d'ignames a été la plus élevée lorsqu'elle suivait 3 années de culture de maïs ou de manioc alors que la plus faible a été obtenue sur des parcelles où l'igname suivait la succession recommandée par le Ministère de l'Agriculture, soit igname + maïs + manioc. Les rendements de manioc les plus élevés à la fin de l'expérience ont été enregistrés lorsqu'ils venaient à la suite du maïs, suivi par l'igname et encore le maïs. Comme dans les cas précédents, les rendements les plus faibles ont été obtenus en suivant la séquence recommandée.

L'ordre de la séquence n'a eu aucun effet sur l'apparition des nématodes et leur population dans les champs d'ignames. Les rendements en calories ont été les plus élevés au cours des quatre années lorsque les plantes-racines étaient en tête d'assolement. Les moyennes annuelles relatives de l'igname, du manioc et du maïs ont baissé régulièrement en culture continue. En conclusion, la rotation recommandée, ignames + maïs + manioc, est inférieure aux autres séquences pour le maintien de la fertilité du sol et d'une production élevée. Les rendements ne peuvent être soutenus non plus que la fertilité du sol maintenue dans ces régions à forte précipitation, quel que soit l'apport d'engrais ou de fertilisants.

In a 4-year continuous cropping trial, 21 treatment sequences of cassava, yam, and maize as sole crops were evaluated for the effects on the yield of each of the crops and the total caloric yield. The plots received annual supplements of N, P, K, and compost. Yield differences among the sequences were significant with respect to the crops. Best yields of yam, after 4 years, were obtained from plots where yam followed 3 years of maize or cassava, whereas worst yields were obtained from plots where yam followed the "basic" rotation (recommended by the Ministry of Agriculture), which is yam followed by maize and, then, cassava. Highest yields of cassava in the fourth year were recorded when cassava followed maize followed by (fb) yam, fb maize. As in yams, worst yields were recorded for cassava following the basic rotation.

Nematode populations in the yam plots and incidence of nematode attack were not influenced by the sequence. Total caloric yields during the 4 years were highest when root crops dominated the sequence. Annual relative mean yields of yam, cassava, and maize showed a steady decline with continuous cropping. It is concluded that the basic rotation of yam fb maize fb cassava is inferior to other sequences in maintaining soil fertility and sustaining high yields. Yields cannot be sustained and fertility maintained under the heavy rainfall typical of the area, even through the use of organic manures and fertilizers.

Des prévisions démographiques accordent au Nigéria une population de 145 millions, en l'an 2000, soit le double de ce qu'elle est aujourd'hui (IADS 1980). Au taux d'accroissement annuel de 3,2 %, ce sont 1 900 000 bouches nouvelles qu'il faut nourrir adéquatement chaque année. Pour répondre à cette perspective et éviter que ne se réalise le cauchemar malthusien, il est indispensable de voir augmenter la production agricole.

Le Gouvernement fédéral du Nigéria a déjà fait un pas dans la bonne direction en créant son programme de la « Révolution verte » qu'avait déjà précédé l'Opération « Nourrir le Pays ». Réaliser la révolution verte nécessiterait soit l'ouverture de nouveaux territoires à l'agriculture soit l'augmentation du rendement des terres déjà cultivées. Vu l'accroissement rapide de l'urbanisation et de l'industrialisation, qui disputent à l'agriculture d'importantes étendues cultivables, la première des deux possibilités semble être la moins aisément réalisable.

Jusqu'à présent, on comptait principalement, pour augmenter la production, sur un système d'agriculture diversement décrit comme culture itinérante (Ruthenberg, 1976), culture par rotation ou récurrente (Allan, 1965), rotation brousse-jachère (Faulkner et Mackie, 1933 ; Obi et Tuley, 1973) et

divagation des cultures (Morgan, 1969). La durée de la jachère ou de la période de repos dépendait du besoin qu'on avait du sol et de sa fertilité, évaluée d'après les rendement des récoltes. Mais depuis l'introduction des cultures de rapport, accompagnée de l'augmentation rapide de la population, ce système est devenu un véritable luxe, nonobstant les avantages qu'il pouvait présenter, tels que la restauration de la fertilité des sols, leur conservation, et la lutte contre les ennemis naturels des récoltes. La recherche de solutions de rechange constitue une priorité pour plusieurs programmes nationaux. Toutes les solutions sont axées sur le raccourcissement et, si possible, la suppression de la période de jachère (FAO, 1966, 1974 ; Herman, 1969). Le principe directeur des recherches veut que l'on puisse préserver et améliorer la fertilité et les rendements par d'autres moyens, tels que le recours à un ensemble de méthodes culturales améliorées (y compris l'emploi des engrais naturels et artificiels). Ce principe n'a pas encore été mis à l'épreuve complètement.

L'expérience d'assolement continu décrit dans cet exposé avait pour but d'explorer les possibilités de préserver la fertilité des sols dans une zone de forêts à forte pluviosité du sud du Nigéria, sous un régime de rotation intensive et continue, utilisant des fumures organiques et des engrais chimiques. Un deuxième objectif visait à établir le potentiel de rendement, dans un régime de ce genre, des cultures prédominantes soit le manioc, l'igname et le maïs.

Méthodes et matériels

L'expérience, telle que prévue à l'origine, avait pour site une terre franche argilo-sableuse profonde et poreuse, d'un brun jaunâtre, à Umudike, où les précipitations annuelles atteignent 212,5 cm. Ce type de sol prédomine dans l'État d'Imo.

Le régime cultural de la région repose avant tout sur les cultures vivrières de base qui sont l'igname, le manioc et le maïs. Ce régime a été décrit pour la zone de l'huile de palme de l'est du Nigéria en général (Obi et Tuley, 1973) et pour la région d'Umokile et Owerri, en particulier (Ruthenberg, 1976). Les résultats d'une enquête sur les systèmes culturaux (INRPR, 1977) de la région indiquent que, la première année, l'igname est cultivée en association avec le maïs hâtif et des légumes et ensuite avec du manioc en culture dérobée. La deuxième année, on cultive le manioc que l'on fait suivre d'une jachère d'*Acica bartari* ou, plus récemment, d'*Eupatorium odoratum* ; de la troisième à la sixième année, la jachère est continue. On compte donc 1,5 à 2 années de cultures normales, suivies de 4 à 7 années de jachère.

Pour notre étude, nous avons comparé les rendements des trois récoltes principales : igname, maïs et manioc, en culture continue selon diverses combinaisons. Les écartements adoptés pour l'igname (*Dioscorea rotundata*, variété Obiaoturugo), le manioc (variété Nwugo) et le maïs (N.S.-1) étaient respectivement de 120 cm, 120 cm, et 30 cm sur billons de 100 cm. Les dimensions brutes et nettes des parcelles étaient, dans l'ordre, de 0,01 et 0,0067 ha. Chaque parcelle a reçu 336 kg/ha d'engrais chimique 10–10–20 NPK en couverture et 25 t/ha de compost.

L'expérience a utilisé la méthode des blocs, bloc complet avec distribution au hasard (BCDH), et quatre répétitions, soit un total de 84 parcelles. Afin de pouvoir vérifier chaque type possible de rotation, la durée prévue devait se prolonger de 1976 à 1987 ; toutefois par suite de restrictions financières, l'expérience a dû prendre fin en 1979, ce qui explique le déséquilibre des résultats. Aux fins de l'analyse statistique, toutes les phases de l'expérience comportant la même séquence des récoltes, de 1976 à 1979, ont été réunies en une même expérience. Celle-ci a donc été analysée comme un BAC avec échantillons de dimensions différentes représentant les moyennes ajustées d'après les covariances (Bancroft 1968).

Les données recueillies portaient sur les rendements en racines fraîches d'igname, en tubercules de manioc et en grains de maïs ; sur la population des nématodes, 2 semaines avant la récolte (nombre/250 g de sol) ; et sur le pourcentage de tubercules avariés. Le rendement énergétique total par expérience a été établi à 381, 409 et 391 cal/100 g de poids sec, respectivement, pour l'igname, le maïs et le manioc (Oyenuga, 1968).

Résultats

Les chiffres des récoltes de 1978 et 1979 sont ceux des seuls rendements dont l'on puisse tirer des déductions.

Rendements pour 1978

Les rendements des cinq phases de l'expérience, ou des rotations, dans le cas de l'igname, ont différé sensiblement les uns des autres au seuil de 5 % de probabilité. Les meilleurs ont été obtenus de la rotation manioc–manioc–igname (7,59 t/ha) et de celle de manioc–igname–igname (6,88 t/ha). Les rotations les moins productives ont été maïs–maïs–igname (4,85 t/ha) et igname–igname–igname (4,76 t/ha). Celle de maïs–manioc–igname a été intermédiaire (6,22 t/ha). Les populations de nématodes ont varié de 160/g de sol à 255/g ; les différences n'ont guère été importantes. Le plus

faible pourcentage de tubercules avariés provenait de la rotation maïs–maïs–igname (10,9) et le plus élevé de maïs–manioc–igname (19,5) mais aucune des différences n'était vraiment significative.

Les rendements de manioc après la troisième année de culture ont été nettement différents au seuil de 1 %. La production de la dernière récolte de la rotation igname–maïs–manioc a été de 4,93 t/ha, sensiblement inférieure à celle des rotations manioc–manioc–manioc et maïs–manioc–manioc (7,05 et 7,62 t/ha respectivement).

Les différences en 1978 pour les rendements de maïs en grain ont été très significatives. Les sols en rotation manioc–igname–maïs ont produit 2,70 t de grain, soit notablement plus que les rendements des rotations maïs–manioc–maïs (1,82 t/ha), igname–igname–maïs (1,80 t/ha) et maïs–igname–maïs (1,61 t/ha). Les plus faibles rendements ont été ceux des rotations manioc–maïs–maïs (0,58 t/ha) et maïs–maïs–maïs (0,45 t/ha).

Rendements pour 1979

La production de tubercules des parcelles sur lesquelles l'igname suivait 3 années en maïs (13,86 t/ha) ou en manioc (13,29 t/ha) a été supérieure à celles des rotations où l'igname suivait d'autres rotations. Toutefois, en 1979, les différences n'ont pas été très notables. Les plus faibles rendements ont été ceux des parcelles où l'igname figurait dans la rotation de base : igname–maïs–manioc (10,6 t/ha). Comme pour 1978, les différences dans les populations de nématodes et la fréquence des meurtrissures ne sauraient être imputées à la rotation. En 1979 également, les différences de rendement en manioc attribuables aux rotations n'ont pas été sérieuses. Les meilleurs rendements ont été ceux des parcelles de manioc suivant la rotation maïs–igname–maïs (13,55 t/ha) et, comme pour l'igname, les plus faibles ont été ceux de manioc suivant la rotation de base (8,44 t/ha).

À nouveau en 1979, les différences de rendement pour le maïs ont peu varié. Les plus faibles ont été ceux où il suivait la rotation : igname–maïs–manioc, comme dans le cas de l'igname et du manioc, et ils ont été notablement différents du reste.

Les rendements caloriques totaux provenant des rotations dans lesquelles les plantes-racines, igname et manioc, ont occupé le sol pendant la majeure partie de la période, ont été beaucoup plus élevés que ceux des rotations où prédominait le maïs (Tableau 1).

Les rendements relatifs moyens des récoltes respectives ont été en déclinant régulièrement d'une année à l'autre (Fig. 1), en 1977 et 1978, la baisse étant la plus prononcée pour l'igname. Par la suite, les rendements du manioc et de l'igname se sont redressés, alors que celui du maïs restait juste en deçà du niveau de 1978.

Tableau 1. Productivité totale pendant 4 années de rotation.[a]

Rotation[b]				Rendement énergétique (cal × 10^7/ha)
1976	1977	1978	1979	
I	I	I	I	19,48
MA	I	M	MA	18,97
I	I	M	MA	18,66
MA	I	M	MA	17,43
MA	MA	MA	I	17,28
MA	I	I	I	17,06
MA	MA	MA	MA	16,22
I	M	MA	I	16,21
I	I	I	M	14,84
I	M	MA	I	14,57
I	M	MA	MA	13,50
M	I	M	MA	12,83
MA	MA	I	M	12,66
M	MA	MA	MA	11,70
I	M	MA	M	11,31
M	MA	I	I	10,72
MA	M	M	M	7,94
M	M	M	I	7,90
M	MA	I	M	6,99
M	M	I	M	4,74
M	MA	M	M	4,72

a) Différence critique à 1 % de signification près, d'après le procédé Scheffe = $1,43 \times 10^7$ cal/ha.
b) I, M, MA = igname, maïs, manioc.

Discussion

Notre enquête a répondu aux deux questions faisant l'objet de cette étude. D'après les résultats obtenus, la rotation de base : igname + maïs + manioc s'est révélée notoirement inférieure aux autres, pour ce qui concerne ces trois récoltes. Les meilleurs rendements en igname et en manioc ont été obtenus lorsque ces récoltes suivaient 3 années de maïs, et les plus médiocres lorsqu'elles se succédaient à elles-mêmes pendant 2 ou 3 années. Pour les sols d'Umudike, Obi (1965) a rapporté plus haut que chacune des trois récoltes a fourni le meilleur rendement immédiatement après une jachère, en sol défriché et dont les broussailles avaient été brûlées l'année même de la culture d'essai ; les rendements les plus faibles ont été ceux de la même récolte se succédant à elle-même.

À en juger d'après le rendement calorique total des 4 années de culture, la productivité des 21 séries de séquences a été inégale. La somme d'énergie la plus élevée provient des rotations où dominaient les plantes-racines. Ce fait n'a rien de surprenant, ces dernières, en raison de leur teneur en éléments éner-

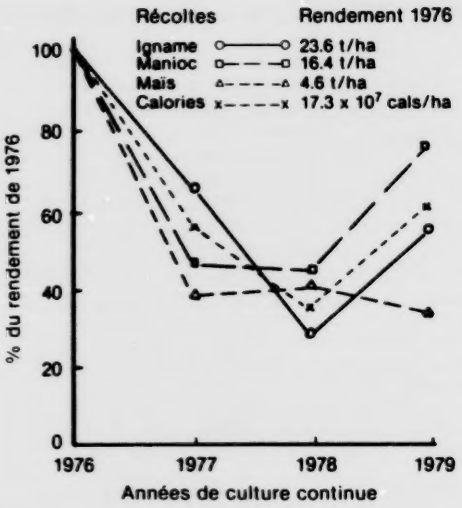


Fig. 1. *Baisse des rendements d'igname, de maïs et de manioc pendant 4 années de culture continue. Moyennes calculées pour toutes les phases occupées par ces récoltes respectives.*

gétiques et de leurs indices élevés de récolte, sont de meilleurs producteurs d'énergie.

Une deuxième constation notoire de l'étude a été la baisse des rendements consécutive à une culture continue, et cela malgré de gros apports d'engrais organiques et chimiques, fait révélateur de l'impossibilité où l'on se trouve de maintenir la fertilité du sol et l'abondance des rendements dans les zones à forte pluviosité, typiques de la région, à l'aide d'une fumure organique et d'engrais chimiques. Des résultats identiques consécutifs à des récoltes successives ont été observés pour Umudike (Obi, 1965), la Malaisie, Trinidad, La Guyane, le Honduras, Guatémala et la zone forestière du Ghana (Nye et Greenland, 1965). À Umudike les rendements d'une deuxième récolte d'igname, de maïs et de manioc ont été réduits, respectivement, à 67,5, 82,7 et 59,8 % de ceux de la première récolte (Obi, 1965). On a enregistré un résultat identique à Umudike pour la culture continue du manioc. Pour les deuxième, troisième et cinquième récoltes successives les baisses de rendement ont atteint, respectivement, 33,8, 45,8 et 49,1 % de la première (Odurukwe 1980). Dans les sols de la zone forestière du Ghana, cultivés pendant 8 années consécutives en maïs et manioc, les rendements ont été en déclinant régulièrement, même avec un apport supplémentaire de compost et d'engrais chimiques.

D'autres rapports ont signalé que, dans certaines conditions, il est possible de maintenir les rendements en culture continue avec ou sans appoint d'engrais chimiques. C'est ainsi, par exemple que, à Kano, dans des sols cultivés sans interruption en sorgho blanc, mil et arachides (Obi, 1965) les rendements se sont maintenus durant 8 à 11 ans, tandis que dans la zone de savanes du Ghana après 9 années de culture de maïs et de manioc en rotation continue, la baisse a été inférieure à 25 % (Nye et Greenland 1960). Les résultats d'études à long terme, à sept endroits du nord du Nigéria, ne semblent pas indiquer de baisse générale des rendements maximaux pendant 5 à 6 ans dans des conditions de culture intensive, la productivité ayant été maintenue par une fumure judicieuse (Heathcote, 1975).

Ces différences rapportées, apparemment contradictoires, sont attribuables à la pluviosité et à la nature des sols dans les diverses zones écologiques. À Umudike, aux précipitations abondantes et aux terres sableuses typiques du sud-est du pays, la décomposition des matières organiques et les pertes par le lessivage et l'érosion du sol sont plus considérables, et la culture continue y entraîne une diminution plus rapide de la fertilité générale.

Considérant les suppléments considérables de fumier et d'engrais chimiques utilisés au cours de cette enquête, nous estimons que les baisses de rendements s'expliquent par les pertes d'oligoéléments et d'éléments secondaires du sol, par la prolifération des maladies et des parasites et par la détérioration des sols. Les modifications subies dans la teneur en éléments fertilisants du sol au cours de cette enquête feront l'objet d'un autre exposé.

La présente communication est publiée avec l'autorisation et l'appui de M. L.S.O. Ene, faisant fonction de directeur de l'Institut national de recherche pour les plantes-racines, à Umudike. Nous rendons hommage à feu, M. J.K. Obi, qui a conçu, organisé et supervisé la première période de deux ans des expériences.

CULTURE EN ASSOCIATION DU PLANTANIER, DES TAROS ET DU MANIOC

S.K. KARIKARI

STATION DE RECHERCHES AGRICOLES, UNIVERSITÉ DU GHANA, KADE (GHANA)

La Station de recherches agricoles de l'Université du Ghana à Kade a comparé les rendements des produits commercialisables de plantains, de taros et de manioc cultivés en monoculture avec ceux de culture associée. Cette dernière a porté sur quatre récoltes: plantains + taros + manioc ; plantains + taros ; plantains + manioc ; et manioc + taros. L'association plantains + taros a donné un rendement inférieur de 5 %, et dans toutes les autres associations, les rendements ont été inférieurs à ceux de la monoculture. La baisse de production de taros ou de manioc lorsque cultivés en association avec le plantain était relativement peu importante. Cependant, elle s'écartait des rendements de la monoculture lorsque l'association comprenait plantains + taros + manioc et taros + manioc. Les résultats de cette recherche apportent d'utiles considérations agronomiques à la détermination de modèles de rotation pour les plantains, les taros et le manioc.

At the University of Ghana, Agricultural Research Station, Kade, the yields of marketable products obtained from pure stands of plantains, cocoyams, and cassava were compared with those from mixed stands. There were four mixed groups: plantains–cocoyams–cassava; plaintains–cocoyams; plantains–cassava; and cassava–cocoyams. The plaintain–cocoyam intercrop showed a slight increase in yield (5%) for the plantains, but in all other mixes the intercrop yielded less than did the pure stands. The decline in yields when plantains were one of two intercrops (with either cocoyams or cassava) was not significant. However, when plantains, cocoyams, and cassava and when cocoyams and cassava were intercropped together, the decline in yields compared with pure stands was very highly significant. The results of this work provide useful agronomic considerations for the design of plantains, cocoyams, and cassava cropping patterns.

Sous les tropiques humides, qui constituent la majeure partie de l'Afrique occidentale, le plantain, le taro et le manioc, riches en amidon constituent la base de l'alimentation. Les plantes dont ils proviennent se cultivent soit en monoculture soit en association ou culture mixte. Dans ce dernier cas, la séquence observée peut varier quelque peu d'une région écologique à l'autre. Pour la zone forestière du Ghana, par exemple, elle a été décrite ailleurs (Doku, 1967 ; Karikari, 1971a,b). La culture associée est très répandue et se pratique dans d'autres régions des tropiques humides (Jurion et Henry, 1967 ; Ruddle, 1974 ; Wilson, 1976) mais il n'existe que peu d'informations concernant les mérites respectifs de la monoculture et des cultures mixtes du plantanier, du taro et du manioc.

Devos et Wilson (1978) ont comparé la productivité et la valeur du plantanier et du taro en culture mixte, au Nigéria, et noté en faveur de celle-ci un rapport élevé d'équivalence-terrain (RET) — c'est-à-dire la superficie en monoculture dont le rendement serait équivalent à celui de 1 ha de plantations mixtes — ce qui soulignerait la valeur de la combinaison pour les régions où l'on exige beaucoup des sols. Il s'agit là des seules informations qui aient été publiées à ce sujet, ces dernières années. Ma tâche a donc été d'obtenir plus de renseignements sur les rendements de divers assolements dans lesquels plantanier, taro et manioc interviennent en combinaisons diverses.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le matériel de plantation servant aux expériences comprenait des drageons ensifoliés de plantanier, variété Apantu, des tubercules de taro, variété Mankani pa (décrites par Karikari 1971a) et des boutures de manioc, variété Ankara. Tout le matériel choisi provenait de plants sains. Les drageons de plantanier avaient été dépouillés de tous tissus adhérents, lavés et trempés dans une solution de 2 000 ppm de Nemagon. Les tubercules de taro avaient été séparés en lots, pesant chacun de 100 à 120 g et trempés dans une solution de 1 000 ppm de Benomyl, puis séchés

au soleil durant 24 heures. Les boutures de manioc avaient été taillées à 20 cm de longueur.

Le champ expérimental mesurait environ 4 ha et avait porté, durant les deux années précédentes, deux récoltes de maïs et de fèves. On l'avait divisé en sept parcelles égales mesurant chacune 0,5 ha, environ, avec 3 m d'intervalle entre elles.

Les combinaisons expérimentales suivantes ont été assignées au hasard aux parcelles : plantaniers, taro et manioc en monoculture et mélanges suivants en association: plantanier–taro–manioc ; plantanier–taro ; plantanier–manioc; plantanier–taro et manioc–taro. Avant la plantation toutes les parcelles ont reçu la fumure suivante aux engrais chimiques : azote, 50 kg/ha (urée à 46 % N) ; phosphore, 50 kg/ha (superphosphate triple, à 22 % P) et potasse, 10 kg/ha (muriate de potassium à 45 % K).

Les plantaniers ont été placés à 3 × 3 m d'intervalle, soit à raison de 225 plants en monoculture, et les taros et maniocs à 1,5 × 1,5 m d'intervalle, soit à raison de 800 plants environ par parcelle en monoculture. En cultures associées on a gardé les mêmes espacements et les mêmes nombres de plants. La plantation s'est échelonnée du 9 au 13 mai 1977.

La récolte des taros a eu lieu entre le 20 et le 24 février 1978, c'est-à-dire 40 semaines après la plantation, et celle du manioc entre le 8 et le 12 mai 1978, c'est-à-dire à 52 semaines. Les plantains ont été cueillis au fur et à mesure de leur maturation, à partir du 12 avril 1978 et la cueillette s'est poursuivie pendant 6 mois, jusqu'au 12 octobre 1978, la récolte étant alors terminée à 80 %. Tous les poids des produits marchands récoltés ont été enregistrés.

Résultats

Les rendements de plantain, taro et manioc de qualité marchande en monoculture ont été, respectivement, de 22,4 t/ha, 8 t/ha et 33,6 t/ha. En cultures associées, de plantanier–taro–manioc (Fig. 1), les rendements respectifs sont tombés à 16,4 t/ha, 4,7 t/ha et 15,0 t/ha soit une diminution de 26,8 %, 41,3 % et 35,4 %, respectivement. Dans le cas du plantanier et du taro associés (Fig. 2) la production de qualité marchande s'est élevée à 23,5 t/ha et 7,8 t/ha, soit une augmentation de 5 % pour le plantain et une diminution de 2,5 % pour le taro. Avec l'association plantanier–manioc (Fig. 3), les rendements ont été de 20,4 t/ha et 32,0 t/ha, soit une diminution de 10,7 % et 4,8 % respectivement. La diminution a été beaucoup plus considérable dans le cas des deux plantes-racines, taro et manioc, cultivées ensemble, leur production n'atteignant, respectivement, que 4,6 t/ha et 20,8 t/ha, soit une réduction de 42,5 % et de 38,1 % pour chacune.

Les RET ont été respectivement, de 1,8, 2,1, 2,0 et 1,2 pour les combinaisons plantanier–taro–

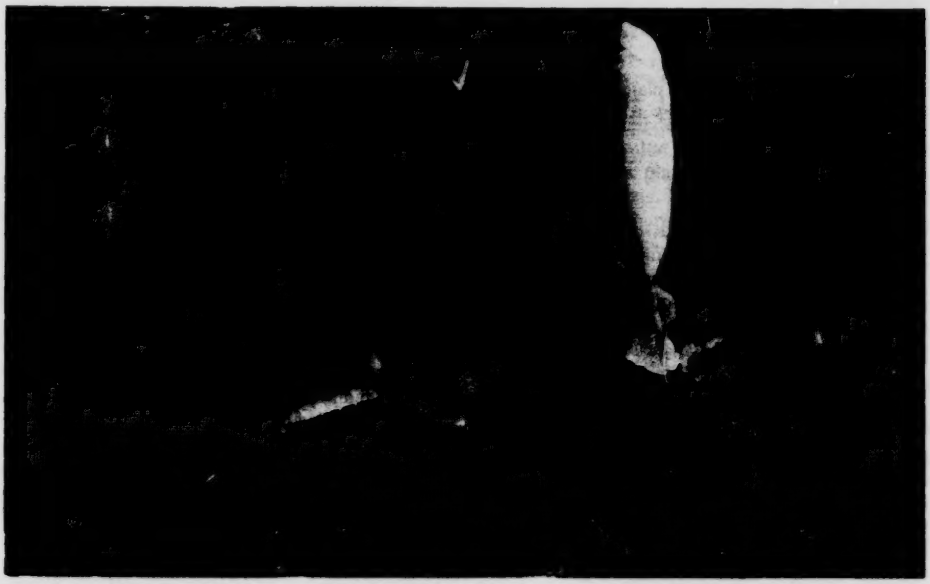


Fig. 1. *Plantanier, taro et manioc en culture associée.*

Fig. 2. *Plantanier et taro en culture associée.*

manioc ; plantanier–taro ; plantanier–manioc et taro–manioc, tous en cultures associées.

Discussion

Les cultures mixtes ou en association comportent la culture simultanée sur un même sol de deux ou plusieurs plantes. Cette pratique a été considérée comme primitive, moins productive et moins rentable que la monoculture des mêmes plantes. Cette conception erronée est due, peut-être, à ce que ce régime n'offre que des possibilités limitées à l'agriculture mécanisée, à laquelle la monoculture se prête plus avantageusement. Les cultures associées sont cependant répandues dans toute l'Afrique tropicale, et elles sont particulièrement complexes dans la zone des forêts humides équatoriales où le plantain et les plantes-racines constituent l'alimentation de base.

Selon la coutume au Ghana, les plantes associées sont rarement cultivées en rangs et une récolte prédomine généralement sur les autres. C'est toujours elle que l'on plante d'abord et qu'on laisse souvent se développer avant d'y joindre d'autres plantes cultivées, qui n'occupent cependant qu'un rang secondaire.

Aux fins de mes expériences et pour plus d'uniformité, j'ai cependant effectué toutes les plantations à peu près simultanément, sans accorder plus d'importance à une récolte qu'à une autre. En outre, j'ai maintenu dans toutes les parcelles la même densité de peuplement qu'en monoculture. Dans cette expérience, les rendements en plantain, taro et manioc en monoculture se sont comparés favorablement à ceux que nous rapportent d'autres études (Doku, 1966–Karikari, 1971a; Devos et Wilson, 1978).

La diminution importante des rendements de ces trois plantes en culture mixte n'avait rien d'inattendu, à cause de la compétition qu'elles se faisaient. Même en tenant compte du large écartement des plantaniers, l'introduction de deux autres plantes a probablement suscité une forte concurrence entre espèces, notamment en fait d'ombre et réduit les rendements. Taro et manioc sont deux plantes-racines exigeantes en éléments nutritifs et qui peuvent également se les disputer.

Fig. 3. *Plantanier et manioc en culture associée.*

Le RET de 1,8 obtenu avec ce régime est élevé, mais quelque peu trompeur, du fait que la contribution des récoltes séparées a été faible : 0,7, 0,6 et 0,4 respectivement, pour la plantanier, le taro et le manioc.

L'augmentation du rendement de 5 % du plantanier lorsqu'il a été cultivé avec le taro est intéressante. Bien que pour ce dernier le rendement ait diminué (de 2,5 %) dans cette association, le développement côte à côte des deux plantes a produit une végétation qui a rapidement couvert le sol, étouffant les mauvaises herbes, conservant l'humidité et améliorant la valeur du régime. Il n'est donc pas surprenant que dans cet assolement le RET ait été de 2,1, soit le plus élevé de tous.

Le mélange plantanier–manioc s'est traduit par une baisse de rendement à peu près double de celle de l'association plantanier–taro, avec un RET de 2,0. Cette baisse peut être due à la faible contribution apportée par le manioc dans la formation de la couverture.

La combinaison taro–manioc a produit le plus faible rendement et donné lieu à la baisse la plus prononcée enregistrée par les deux plantes. Le RET correspondant de 1,2 résultat de l'association manioc–taro a aussi démontré le plus faible potentiel utilisable. Ce résultat provient peut-être de ce qu'il s'agit ici de deux plantes-racines ayant les mêmes exigences d'engrais. De plus, la couverture formée n'était pas assez fournie pour empêcher l'envahissement des mauvaises herbes.

Conclusions

La culture en association du plantanier, du taro et du manioc semble bien convenir aux tropiques humides, dont font partie les zones forestières du Ghana. D'une manière ou d'une autre, chacune de ces plantes semble profiter de la présence des autres. On observe une réduction générale du rendement, dont l'importance varie lorsque deux ou plusieurs de ces plantes sont cultivées ensemble plutôt qu'en monoculture, mais la valeur de la combinaison correspond au RET. Voici quelques observations à caractère agronomique sur les divers assolements :

- Les rendements ont été notablement réduits lorsque les trois espèces ont été plantées ensemble ;
- Lorsque le plantanier a été associé à une plante-racine (manioc ou taro) le résultat a été meilleur ;
- L'association des deux plantes-racines a réduit très nettement les rendements et s'est révélée la moins intéressante ; et
- Indépendamment des aspects économiques, la valeur des diverses combinaisons s'est avérée la suivante, en ordre régressif : plantanier–taro ; plantanier–manioc ; plantanier–taro–manioc, et taro–manioc, avec comme RET correspondants : 2,1, 2,0, 1,8, et 1,2 respectivement.

Les mauvaises herbes dans les cultures mixtes de maïs et de manioc

I. Okezie Akobundu

Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan (Nigéria)

Deux cultivars améliorés de manioc, le TMS 30395 à feuillage abondant et le TMS 30001 à feuillage modéré érigé ont été cultivés à densité différente en association avec deux peuplements de maïs (cv. TZB). TMS 30395 a réduit les rendements de maïs lorsque la population comprenait 10 000 individus par hectare mais n'eut aucun effet sur celle de 5 000 plantes par hectare. Le cultivar TMS 30001 n'a pas affecté la production de maïs quelle qu'ait été la densité de la population associée. Deux sarclages ont été nécessaires ou l'emploi d'un herbicide en pré-levée (Primextra) afin de réduire au minimum l'action des mauvaises herbes. Le rendement en tubercules a été généralement plus élevé avec TMS 30001 qu'avec TMS 30395. Et la production de tubercules pour chaque cultivar a été plus élevée lorsque la culture associée comprenait un peuplement de manioc de 10 000 plants par hectare et celle du maïs de 20 000 plants par hectare. Cette combinaison de 30 000 plants par hectare est la meilleure proportion pour une production optimale. C'est également dans cette proportion qu'on a obtenu l'énergie alimentaire totale la plus élevée et le plus faible volume de mauvaises herbes. Le sarclage a été le moins coûteux avec l'emploi de l'herbicide Primextra. Ce traitement a été le plus rentable pour cette combinaison de cultures associées comprenant le maïs et le manioc.

Two improved cassava cultivars consisting of a profusely branching type (TMS 30395) and an upright, moderately branching type (TMS 30001) were grown at two population densities as components of mixtures involving two maize (TZB) populations. Maize yield was depressed by TMS 30395 at the higher cassava population density of 10 000 plants/ha but not at 5 000 plants/ha. Cassava cultivar TMS 30001 did not affect maize yield at either of the two population densities. Two hand weedings or the use of a preemergence herbicide (Primextra) limited yield reductions caused by weeds in the maize - cassava intercrop. Root yield was generally higher for TMS 30001 than for TMS 30395. The highest root yield for each cultivar was obtained when 10 000 cassava plants/ha were intercropped with maize at 20 000 plants/ha. This combination gives the optimum plant population (30 000 plants/ha) for the mixture. The highest total food energy and the lowest weed weight were observed at this population. Cost of weeding was lowest where the herbicide, Primextra, was used. This treatment gave the highest return on investment at the optimum crop combination.

Les cultures mixtes constituent l'un des principaux éléments des régimes culturaux traditionnels de l'Afrique tropicale (Okigbo et Greenland, 1976). Dans la plupart des pays où on cultive le manioc, les petits cultivateurs associent à d'autres plantes vivrières, notamment des légumineuses, des céréales et diverses cultures maraîchères. La combinaison la plus fréquente en Afrique tropicale, en Asie et en Amérique du sud, paraît être celle du maïs + manioc (Okigbo, 1978 ; Mureno et Hart, 1979 ; et Kumar et Hrishi, 1979).

Les cultivateurs pratiquent la culture mixte pour diverses raisons, notamment comme assurance contre l'échec d'une des composantes, pour mieux utiliser leur main-d'oeuvre, pour prévenir l'érosion et comme protection contre les ennemis des récoltes (Watters, 1971 ; Andrew, 1975 ; Norman, 1975). L'évolution des pratiques agricoles a pu être influencée par un désir de combattre les plantes adventices, mais le cultivateur recourt généralement à de larges écartements des plants répondant mieux au niveau de fertilité du sol qu'à la formation rapide d'une couverture de feuillage qui s'opposerait aux mauvaises herbes. Lageman (1978) a étudié le mode d'exploitation agricole traditionnel de trois villages dans l'est du Nigéria. Il a noté que la densité moyenne des récoltes cultivées en mélange n'atteignait que 12 000 plants par hectare. Ce chiffre est faible, comparativement aux quelque 30 000 plants/ha généralement recommandé pour les plantes cultivées en association.

Cette faible densité de plantation laisse à décou-

vert beaucoup de sol qui est, ensuite, aisément envahi par une végétation adventice qui exigerait, pour la combattre dans les cultures associées, une densité adéquate et une répartition spatiale rationnelle. Le but de cette étude est d'évaluer l'effet du genre de récolte et de la densité de plantation sur l'efficacité de divers traitements herbicides.

Matériels et méthodes

L'expérience a eu lieu dans un alfisol (terre franche sableuse d'Apomu) à l'Institut international d'agriculture tropicale. Deux cultivars améliorés de manioc, TMS 30395, variété ramifiée, et TM 30001, droit et modérément ramifié ont été plantés à deux espacements (100 × 100 cm et 100 × 200 cm), en mélange avec un cultivar de maïs, TZB, en culture intercalaire, avec plants espacés de 100 × 25 cm (Fig. 1). Les deux espèces ont été plantées le même jour, les boutures de manioc, mesurant 25 cm de longueur sur le haut des billons, inclinées à 45° environ ; le maïs a été planté des deux côtés du billon, à raison de deux grains par poquet et éclairci à 1 plant par poquet, 2 semaines après levée. Outre cette culture mixte on a prévu des parcelles témoins débarrassées de mauvaises herbes, en maïs et en manioc, chacun en monoculture à la même densité de plantation qu'en culture mixte. À la préparation du sol, celui-ci a reçu une fumure aux engrais chimiques (N, P_2O_5 et K_2O, 30 kg/ha), et le maïs a reçu un supplément de 60 kg N/ha, en bande latérale, à l'âge de 4 semaines.

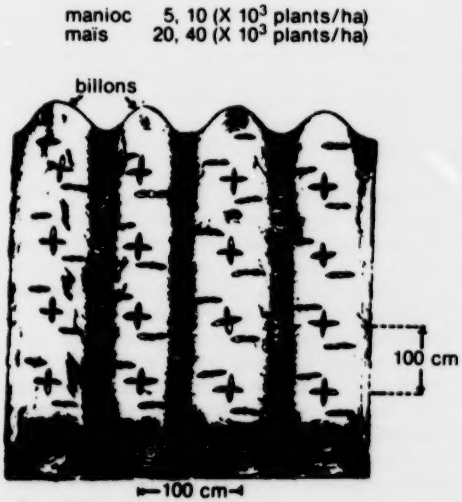


Fig. 1. *Effets de la densité de plantation sur le rendement du maïs en grain.*

Contre les plantes adventices, les traitements ont comporté un sarclage à la houe ; deux sarclages à la houe ; un traitement de pré-levée avec un mélange préparé d'atrazine et de métolachlor (2,5 kg a.i./ha) ; une parcelle était exempte de mauvaises herbes et une autre, servant de témoin, non nettoyée. Le comportement des récoltes, le résultat des sarclages et le rendement des composants économiques des récoltes obtenues ont été enregistrés et analysés statistiquement.

Résultats et discussion

Les résultats indiquent que le rendement du maïs (à 40 000 plants/ha), en association avec le cultivar de manioc (TMS 30395) au feuillage abondant, a été réduit à l'espacement de 100 × 100 cm, mais ne l'a pas été à l'espacement de 100 × 200 cm (Tableau 1). La baisse de rendement du maïs causée par les plantes adventices non extirpées a été plus considérable à l'espacement plus réduit du manioc qu'à l'espacement plus large (77 % et 67 % respectivement). La raison en est peut-être la concurrence accrue inter-espèces et intra-espèces du mélange de plantes cultivées et de plantes adventices. Les diminutions de rendement ont été plus élevées que les quantités généralement observées pour le maïs en monoculture, dans des conditions culturales identiques. Le cultivar de manioc TMS 30001 n'a causé de baisse de rendement du maïs à aucun des espacements utilisés dans cette étude (Tableau 1).

Le désherbage, à l'aide de deux sarclages ou avec un herbicide de pré-levée, était nécessaire pour éviter autant que possible l'effet des mauvaises herbes sur le rendement de la récolte associée de manioc-maïs. L'herbicide n'a été toxique pour aucune des deux plantes. Le maïs en association, à la densité de 20 000 plants/ha, a donné des rendements généralement inférieurs à ceux obtenus de la même population en monoculture.

Le rendement en racines de TMS 30395, aux deux espacements adoptés dans cette étude, a diminué à cause de la présence du maïs, à la population de 40 000 plants/ha mais non à celle de 20 000 plants/ha (Tableau 2). Lorsque le sarclage a été efficace, le rendement de TMS 30395 en association avec le maïs à la densité de 20 000 plants/ha, a été identique à celui du manioc en monoculture, quelle que soit sa densité. Le rendement en racines dans les parcelles traitées avec l'herbicide a été aussi élevé que dans les parcelles sarclées. La végétation adventice non extirpée a plus fortement réduit le rendement du manioc en population dense qu'en population plus

Tableau 1. Effets de l'espacement (population) du manioc (TMS 30395 et TMS 30001) sur le rendement du maïs (TZB). [a]

	Traitements herbicides	Rendement (t/ha) du maïs en grain			
		Espac. TMS 30395		Espac. TMS 30001	
		1.0 × 1.0 m	2.0 × 1.0 m	1.0 × 1.0 m	2.0 × 1.0 m
40 000	Sarclage à 2 SAP	1,84	1,83	1,85	2,59
plants/ha	Sarclage à 2 + 5 SAP	2,28	3,10	2,54	2,30
de maïs	Primextra 2,5 PE	2,69	2,35	3,25	2,50
	Sans herbes jusqu'à la récolte	2,81	3,25	3,13	3,11
	Avec mauvaises herbes	0,66	1,09	1,35	0,96
Moyenne		2,06	2,03	2,43	2,29
DMS 0,05 (dans le manioc)[b]		1,46		0,92	
20 000	Sarclage à 2 SAP	1,85	1,30	1,90	1,65
plants/ha	Sarclage à 2 + 5 SAP	1,12	1,26	2,09	2,07
de maïs	Primextra 2,5 PE	1,32	1,46	2,14	1,26
	Avec mauvaises herbes	0,37	0,42	1,47	1,08
Moyenne		1,17	1,11	1,90	1,52
DMS 0,05 (dans le manioc)[b]		0,74		0,86	

a) Le rendement du maïs en monoculture, en parcelles désherbées a été de 3.24 t/ha pour 40 000 plants/ha, et de 2.33 t/ha pour 20 000 plants/ha.
b) DMS 0.05 pour la comparaison des moyennes de différents espacements du manioc avec 40 000 plants/ha de maïs est de 1.61 t pour TMS 30395 et de 1.46 t pour TMS 30001 ; pour 20 000 plants/ha de maïs, elle est de 0.68 t pour TMS 30395 et 1.10 t pour TMS 30001. DMS = Différence la moins significative.

claire, en raison de l'interaction plus intense des herbes et de la récolte dans le premier cas.

Le rendement en racines a été réduit dans toutes les combinaisons comportant TMS 30001 (Tableau 2) mais de façon plus prononcée avec une population de 40 000 plants/ha de maïs qu'avec 20 000 plants/ha. Toutefois, à cette densité moindre la récolte a été plus sensible à l'envahissement des mauvaises herbes. Bien que, en règle générale, le rendement de manioc ait été inférieur dans les parcelles sarclées

Tableau 2. Effets de l'espacement et de la densité de population du maïs sur les rendements du manioc (TMS 30395 et TMS 30001).[a]

	Traitements herbicides	Rendements (t/ha poids frais) de TMS 30395 et 30001	
		Espacement du maïs	
		1,0 × 0,25 m	1,0 m × 0,5 m
10 000	Sarclage à 2 SAP	10,80 (13,56)	15,29 (16,78)
plants/ha	Sarclage à 2 + 5 SAP	13,07 (18,29)	15,55 (25,08)
manioc	Primextra 2,5 (préémergence)	13,63 (16,23)	23,28 (34,78)
	Sans herbes jusqu'à la récolte	13,07 (21,18)	23,57 (30,94)
	Avec mauvaises herbes	6,27 (7,71)	6,83 (9,32)
Moyenne		11,37 (15,39)	16,9 (23,38)
DMS 0,05 (dans le maïs)[b]		14,3 (9,31)	
5 000	Sarclage à 2 SAP	10,31 (7,59)	16,50 (14,12)
plants/ha	Sarclage à 2 + 5 SAP	11,05 (15,99)	15,94 (13,56)
manioc	Primextra 2,5 (préémergence)	11,69 (13,61)	19,40 (20,56)
	Sans herbes jusqu'à la récolte	10,68 (14,31)	19,24 (21,92)
	Avec mauvaises herbes	4,49 (4,42)	4,02 (3,09)
Moyenne		9,65 (11,18)	15,02 (14,65)
DMS 0,05 (dans le maïs)[b]		8,71 (8,21)	

a) Le rendement des parcelles de manioc sarclées, en monoculture, a été de 41.79 t/ha à la densité de 10 000 plants/ha, et de 29.73 t/ha à la densité de 5 000 plants/ha.
b) DMS pour la comparaison des moyennes de différents espacements du maïs, dans une densité du manioc de 10 000 plants/ha, est de 13.2 t pour TMS 30395 et de 11.4 t pour TMS 30001 ; à 5 000 plants/ha, elle est de 11.1 t pour TMS 30395 et de 20.12 t pour TMS 30001.

une seule fois à celui des parcelles traitées autrement contre les mauvaises herbes, la différence a été plus prononcée à la plus faible densité de plantation.

La figure 2 indique de quelle manière les diverses densités de plantation du maïs affectent le rendement des racines de manioc en l'absence de végétation adventice. Le cultivar TMS 30001 a été plus affecté par son association avec le maïs que le TMS 30395. Dans le cas du premier, le rendement a diminué de 50 % lorsqu'il a été associé au maïs à la densité de 40 000 plants/ha.

La verse du maïs et du manioc en association a été affectée à la fois par la densité des plants et par le cultivar de manioc utilisé (Fig. 3). Lorsque les deux cultivars ont été cultivés séparément, la verse s'est limitée à 10 % du peuplement total. Elle a été surtout prononcée dans l'association maïs-manioc à la densité de 40 000 plants de maïs/ha. Le cultivar à port dressé (TMS 30001) y a été plus exposé que le TMS 30395 plus bas et à ramification latérale abondante. À l'espacement de 100 × 100 cm, ce dernier n'a presque pas versé.

Toutes les populations de maïs–manioc en association ont eu des RET dépassant l'unité, ce qui signifierait que cette association offre un avantage global en fait de rendement sur chacune des deux plantes cultivées en monoculture. Le RET moyen le plus élevé pour l'association a été obtenu d'une densité totale de 30 000 plants/ha de manioc et de maïs, et le TMS 30001 a également obtenu le RET le plus élevé à cette même densité totale de 30 000 plants/ha (Tableau 3). Plusieurs auteurs ont utilisé le concept du RET pour évaluer les avantages respectifs de la monoculture et des cultures mixtes (Francis et alii, 1976 ; Trenbath, 1976).

Pour chaque densité de population, les parcelles maintenues toute la saison exemptes de végétation adventice par des sarclages répétés à la main ou avec de l'herbicide ont produit les plus hauts rendements en kilocalories (énergie alimentaire), (Tableau 4). Les valeurs énergétiques les plus élevées ont été obtenues lorsque chacun des cultivars de manioc a été associé, à raison de 10 000 plants/ha, au maïs à la densité de 20 000 plants/ha. À cette même densité, le poids moyen (sec) des mauvaises herbes a aussi été le plus bas (Tableau 4).

Les traitements herbicides les plus efficaces observés dans cette étude ont été les deux sarclages à la main, en temps approprié, et l'emploi de l'herbicide Primextra. Ce dernier a également été le moins coûteux (Tableau 5) et il a contribué au rapport économique le plus avantageux, particulièrement avec la combinaison optimale de 30 000 plants/ha.

On allègue généralement que l'emploi des herbicides est trop onéreux pour le cultivateur moyen. Les résultats de cette étude démontrent que, au moins au Nigéria, les dépenses imposées par les sarclages à la main sont plusieurs fois plus élevées que le coût de l'herbicide chimique. En outre, la main-d'oeuvre agricole courante se fait de plus en plus rare par suite de la migration croissante des populations rurales vers les villes. Même dans les pays où les salaires quotidiens sont peu élevés, la main-d'oeuvre est devenue instable depuis quelques années et, parfois,

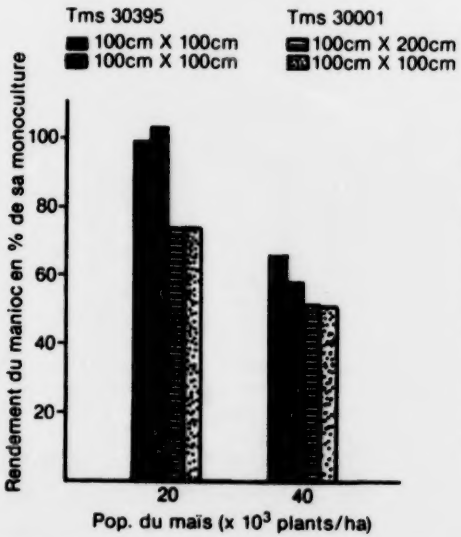


Fig. 2. *Effet de la densité des plants de maïs sur le rendement de racines de manioc.*

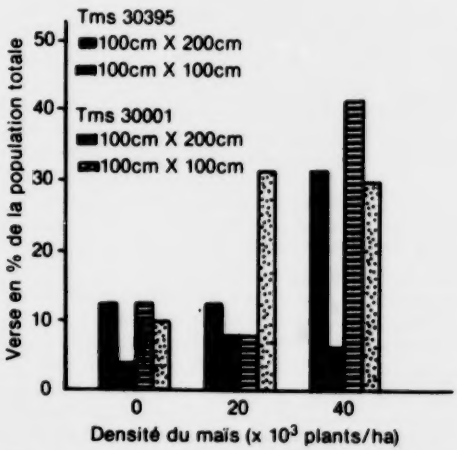


Fig. 3. *Effets de la population des plants sur le rendement du maïs en épis.*

Tableau 3. Effets de la population des plants sur le rapport équivalence-terre, pour la culture maïs-manioc en association.

Espacement des récoltes		Population (plants/ha)	Rapport équivalence-terre		
Manioc	Maïs		TMS 30395	TMS 30001	Moyenne[a]
2 × 1 m	1 × 0,5 m	25 000	1,86	1,30	1,58
1 × 1 m	1 × 0,5 m	30 000	1,68	1,90	1,79
2 × 1 m	1 × 0,25 m	45 000	1,59	1,47	1,53

a) DMS (0,05) pour la comparaison des moyennes dans un cultivar est de 0,34 et, entre deux cultivars, de 0,71 ; le coefficient de variation est de 12 %.

Tableau 4. Effets de la densité de plantation et des procédés herbicides sur les valeurs énergétiques nutritives (calories) et sur le développement des plantes adventices dans les cultures associées de maïs-manioc.

	Traitements herbicides	Valeurs énergétiques ($\times 10^6$ cal.) des cultivars de manioc		Poids sec des plantes adventices (t/ha)	
		TMS 30395	(TMS 30001)	TMS 30395	(TMS30001)
25 000	Sarclage à 2 SAP	29,23	(27,08)	3,61	(3,05)
plants/ha	Sarclages à 2 + 5 SAP	28,24	(27,60)	1,20	(0,71)
	Primextra 2,5 PE	32,58	(35,12)	1,61	(2,11)
	Sans mauvaises herbes	34,53	(37,33)		
	Avec mauvaises herbes	7,47	(6,24)	4,97	(4,97)
30 000	Sarclage à 2 SAP	29,38	(31,79)	2,74	(2,53)
plants/ha	Sarclages à 2 + 5 SAP	27,17	(44,84)	1,13	(1,14)
	Primextra 2,5 PE	39,39	(59,08)	1,17	(1,49)
	Sans mauvaises herbes	40,63	(51,72)		
	Avec mauvaises herbes	11,49	(19,09)	4,63	(3,86)
45 000	Sarclage à 2 SAP	21,89	(20,58)	2,31	(2,64)
plants/ha	Sarclages 2 + 5 SAP	23,50	(32,03)	0,47	(1,27)
	Primextra 2,5 PE	27,73	(29,21)	1,54	(0,87)
	Sans mauvaises herbes	27,52	(32,44)		
	Avec mauvaises herbes	10,57	(10,00)	4,62	(4,65)
50 000	Sarclage à 2 SAP	23,38	(26,81)	2,51	(2,19)
plants/ha	Sarclages à 2 + 5 SAP	27,64	(36,34)	1,83	(0,77)
	Primextra 2,5 PE	29,88	(35,81)	1,49	(1,53)
	Sans mauvaises herbes	29,52	(42,71)		
	Avec mauvaises herbes	11,69	(16,30)	4,96	(4,65)
DMS (0,5) pour comparaison des moyennes dans chaque densité de population		16,84	(13,00)	1,56	(1,34)
DMS (0,05) pour comparaison des moyennes de différentes densités de population		16,52	(15,85)	1,46	(1,27)

Tableau 5. Effet des procédés herbicides sur le rendement économique du maïs-manioc en culture associée.

Population (plants/ha)	Traitements herbicides	Coût des traitements (Naira) [a]	Rapport brut (Naira)[a]		Rapport net (Naira)[b]	
			TMS 30395	TMS 30001	TMS 30395	TMS 30001
30 000	Sarclages à 2 + 5 SAP	138,00	1271,83	2121,53	1133,83	1983,53
	Primextra 2,5 PE	42,50 [c]	1813,88	2737,19	1771,38	2694,69
50 000	Sarclages à 2 + 5 SAP	138,00	1406,53	1802,43	1268,53	1664,43
	Primextra	42,50	1539,53	1848,71	1497,03	1806,21

a) Deux sarclages du maïs-manioc exigent 278 h/ha : 6 heures par journée à raison de 3 nairas/jour : (1,00 NR = 1,80 $US)
b) Le rapport net ne comprend pas les autres frais de production, identiques pour les deux procédés herbicides.
c) Coût de l'herbicide et de la main-d'oeuvre : chaque opérateur d'un pulvérisateur et son aide sont payés 3 nairas/jour.

introuvable aux moments critiques, comme ceux de la croissance des plantes adventices. L'emploi des herbicides non seulement peut combattre efficacement la végétation indésirable au moment où cette mesure devient urgente, mais il en diminue également le coût. Pour encourager leur utilisation, on devra faciliter l'achat des herbicides par les petits cultivateurs, dans des emballages assez réduits pour répondre à leurs besoins. Ce genre d'emballages exigera la collaboration de l'industrie chimique et des pouvoirs publics dans les pays en développement.

Je désire remercier H. G. Heys de l'aide qu'il m'a apportée en me fournissant les boutures de manioc amélioré utilisées dans mon étude, ainsi que M. R.A. Raji pour son assistance technique au cours des expériences dans le champ.

Effets de la densité de plantation du maïs et de l'apport d'azote sur les cultures mixtes de maïs–manioc

B.T. Kang et G.F. Wilson

Institut international de culture tropicale, Ibadan (Nigéria)

Étude des effets des peuplements de maïs sur les rendements de la culture associée maïs + manioc sur des sols Egbeda (Oxic paleustalf) à Ibadan. Les deux espèces ont été plantées sur une même rangée, en alternance, avec des écartements de 100 × 100 cm. Chaque billon comprenait de 1 à 7 plants de maïs soit un peuplement de $10 \times 70 \times 10^3$ plants/ha. L'augmentation des semis de maïs de 10 à 30×10^3 plants a sensiblement accru le rendement en grains sans affecter la production de tubercules du manioc. Des peuplements plus denses ont donné le même résultat en termes de grains mais par contre, le rendement en tubercules a accusé une importante baisse. La densité optimale de plants par billon est de 3. A Ikenne, on a étudié les effets de l'apport d'azote au maïs et au manioc cultivés dans des sols Alagba (Oxic paleustalf). Après une année d'essais sur une jachère où poussait l'Eupatorium, on n'a pu observer de réactions à l'apport de N tant chez le maïs en monoculture que chez le maïs et le manioc en association ; mais une récolte précoce de tubercules a démontré une baisse de rendement considérable due à la culture associée et à l'apport de N. Au cours de la deuxième année, le maïs cultivé selon les deux façons a bien réagi à N contrairement au manioc. L'association manioc + maïs semble être plus efficace que le maïs en culture pure, tel que l'indique le quotient supérieur de l'équivalence des terres.

We studied the effects that maize populations had on the performance of maize and cassava intercropped on an Egbeda soil (oxic paleustalf) at Ibadan. Maize and cassava were spaced 100 × 100 cm, cassava planted between maize along the same row. Maize plants/hill were varied from 1 to 7 giving a population $10–70 \times 10^3$ plants/ha. Increasing maize populations from 10 to 30×10^3 plants/ha significantly increased maize grain yield and had no significant effect on cassava root yield. Higher populations, however, had no effect on grain yield but significantly depressed root yield. It seems that three maize plants/hill is optimum. The effects of nitrogen rates on intercropped maize and cassava were studied on Alagba soil (oxic paleustalf) at Ikenne. The soil had been *Eupatorium* fallow before the study. In the first year, no response to N was observed on sole or intercropped maize, but, with early harvest, root yield of TMS 30395 showed significant depression with N application and intercropping. During the second year, both the sole and the intercropped maize showed a significant response to N but not the cassava crop. Maize–cassava intercropping appears to be more efficient than the corresponding sole crops as indicated by the higher land equivalent ratios (LERs).

Dans les systèmes agricoles traditionnels des tropiques humides, le manioc est généralement cultivé en association avec diverses plantes vivrières et arbustives annuelles (Weber et alii, 1978). D'après Okigbo et Greenland (1976) la moitié environ du manioc, en Afrique tropicale, est cultivé en culture mixte. Les formes les plus fréquentes d'association sont celles où les récoltes constitutives sont mélangées sans ordre ni rangs précis, ou bien ne sont cultivées simultanément que pendant une partie de leur cycle végétatif respectif et se relaient l'une l'autre. Bien que, sous les tropiques humides africains, le manioc soit associé à des plantes très diverses, on le rencontre surtout avec certaines récoltes vivrières principales ou secondaires (Okigbo, 1978). Ezeilo et alii, (1975) ont rapporté que les mélanges de manioc–maïs, manioc–igname et manioc–taro–maïs étaient les plus fréquents dans les Ultisols acides de la zone forestière au sud-est du Nigéria. Agboola (1979) a signalé également que l'igname, le maïs et le melon, l'igname, le maïs et le manioc, et le maïs avec le manioc sont fréquemment associés dans les zones forestières et les sols dérivés de savanes du sud-ouest du Nigéria, où dominent les Alfisols et les Entisols connexes de nature basique. D'après Wilson et Agboola (1979), les systèmes de culture à base de maïs et de manioc en mélange sont les plus répandus et les plus populaires en Afrique occidentale. Ils attribuent cette popularité à l'affinité et à la complémentarité remarquables de ces deux

plantes, le maïs à croissance rapide profitant d'abord des ressources du sol, suivi par le manioc, plus tardif.

Malgré l'importance des régimes à base de mélanges de maïs–manioc, on n'a que peu d'informations sur les effets de la concurrence entre espèces ainsi que de la fertilité du sol sur le rendement de ces plantes associées. D'autres recherches s'imposaient donc et nous publions ici certains des résulats obtenus.

Effets de la densité du maïs

Dans les cultures mixtes traditionnelles de maïs–manioc, on ne tient pas compte de la densité de l'espacement ni de la place des plants. Cependant, on semble favoriser les larges espacements intraspécifiques, et réaliser la densité de plantation par un espacement interspécifique plus resserré. Wilson et Adeniran (1974) ont rapporté pour le manioc des espacements intraspécifiques de 50 à 200 cm, avec une moyenne de 100 × 140 cm. Wilson a noté également (chiffres non publiés) qu'en Afrique occidentale les cultivateurs déposent de 5 à 10 semences de maïs dans des poquets à intervalles variables de 50 à 120 × 120 et jusqu'à 200 cm. Certains cultivateurs éclaircissent la plantation à 3 plants par poquet, tandis que d'autres laissent croître tous les survivants. Les effets des diverses densités du maïs dans son association avec le manioc sont encore mal compris, ce qui justifie l'expérience dans le champ, entreprise à Ibadan, dans le sud du Nigéria.

L'expérience en question avait pour site une terre franche sableuse en sol Egbeda (oxic paleustalf). Le maïs de variété TZPB a été planté à raison de 1 à 7 plants par poquet, à intervalles de 100 × 100 cm, de façon à obtenir une densité de 10 000 à 70 000 plants à l'hectare. Le manioc a été planté en même temps au même espacement de 100 × 100 cm, et intercalé avec du maïs sur le même rang (à la densité de 10 000 plants/ha). On a aussi prévu une plantation-témoin de maïs en monoculture, avec espacement de 75 × 25 cm (53 000 plants/ha). La récolte de maïs a reçu un apport d'engrais chimique de 40 N–20 P_2O_5–20 K_2O en kg/ha. L'essai a été effectué selon la méthode des blocs, plus trois répétitions. Le manioc a été récolté 15 mois après la plantation.

En augmentant de 1 à 3 le nombre des plants de maïs par poquet, et en portant ainsi la densité de 10 000 à 30 000 plants/ha, on a sensiblement accru (à 5 % de probabilité) le rendement en grain (Fig. 1). Au-delà de cette densité de 30 000 plants/ha, le rendement a encore quelque peu augmenté, mais pas de façon significative. Les plus hauts rendements de maïs observés en culture mixte correspondent à la densité de 70 000 plants/ha et égalent presque celui de la parcelle témoin. Pour des causes inexpliquées, il semble y avoir eu un certain fléchissement du rendement à la densité de 50 000 plants/ha, ce qui a été confirmé par d'autres observations à Ikenne.

L'augmentation de la densité de plantation du maïs a un effet prononcé sur la production des racines de manioc, particulièrement aux fortes densités (Fig. 2). En portant le peuplement à 30 000 plants/ha, on a obtenu une certaine augmentation du poids en racines, mais de peu d'importance. Lorsque la densité du maïs a été portée à plus de 40 000 plants/ha, la production de manioc a marqué un très net recul (>35 %).

Il semble donc qu'une densité de plantation de 30 000/ha combinée à un peuplement de 10 000 plants/ha de manioc donnerait les meilleurs résultats. Wilson et Adeniran (1974), après avoir étudié les effets de l'espacement dans les régimes culturaux traditionnels associant le maïs et le manioc, ont observé également qu'on peut améliorer le rendement de ces deux végétaux en adaptant l'espacement à cette densité de peuplement.

Des études récentes (Wilson, non publiées) sur les effets produits par les variétés de maïs et la densité de plantation sur le manioc en culture associée ont fait ressortir également que l'augmentation de 30 000 à 60 000 plants de maïs/ha, n'a entraîné aucune amélioration sensible de la production de grain mais a réduit sensiblement celle des racines de manioc. Ce recul du manioc a été plus marqué avec le maïs TZPB à maturation intermédiaire et avec les variétés locales de maïs qu'avec la variété hâtive TZE.

Bien que l'éclaircissage du maïs à 3 plants par poquet ne soit peut-être pas économique pour ce qui est du rendement en grain, il peut le devenir dans les régions où l'on vend les épis à l'état vert. La grosseur des épis est en raison inverse de la densité de plantation (Fig. 3) et l'éclaircissage peut donc avoir

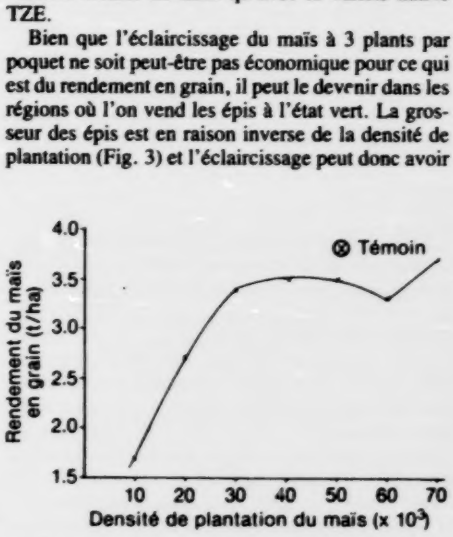


Fig. 1. *Dispositif de plantation pour le maïs–manioc en culture associée.*

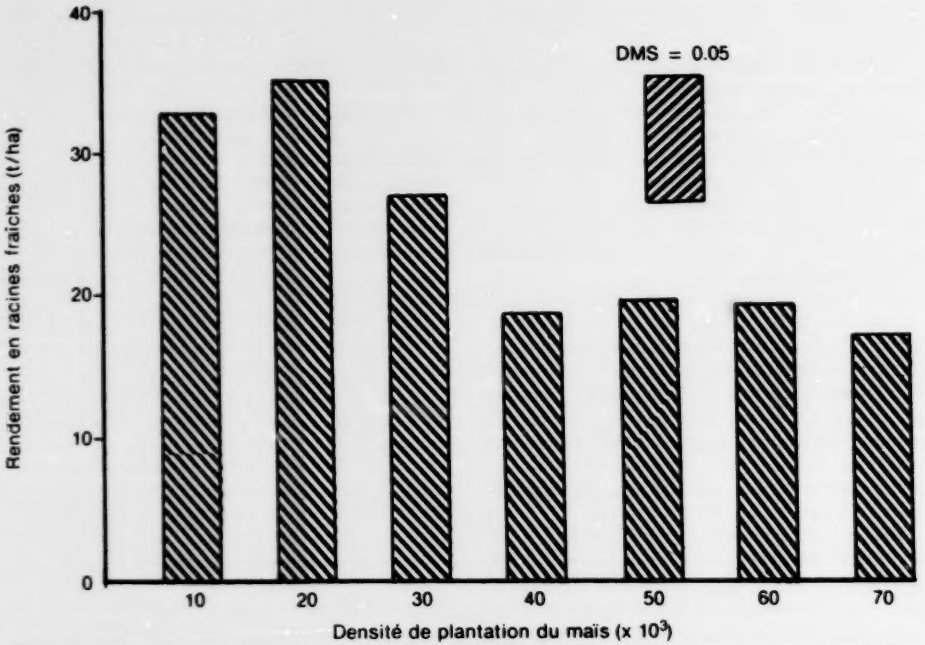


Fig. 2. *Effet du maïs en culture associée avec le manioc sur le rendement de ce dernier dans des parcelles sans plantes adventices.*

un effet bénéfique à ce point de vue. Sinthuprama (1978) a pu signaler que l'association maïs–manioc pouvait devenir plus rentable, lorsque le maïs était récolté et vendu en épis verts plutôt qu'en grain.

Réaction à l'azote

Dans l'agriculture traditionnelle des tropiques humides de l'Afrique occidentale, le maïs et le manioc en culture mixte suivent généralement le défrichement et l'essartage des Ultisols acides. On ne poursuit pas, en règle générale, leur culture en association parce que la pauvreté du sol et son acidité prononcée ne seraient guère favorables au maïs, les années suivantes. Par contre dans les Alfisols très basiques où l'acidité ne peut causer de problèmes au maïs, on pratique fréquemment la culture associée du maïs et du manioc pendant 2 à 3 ans après la jachère de brousse. Bien qu'il soit reconnu que l'appauvrissement du sol à la suite de récoltes successives ait un effet sur les rendements, on est encore mal renseigné sur les conséquences qui en résultent pour le régime maïs–manioc. Nous avons donc voulu effectuer une expérience à Ikenne, situé à quelque 60 km au sud d'Ibadan, dans la zone forestière du sud du Nigéria, afin d'étudier la réaction à l'azote de la récolte associée : maïs–manioc. Le sol de la série Alagba est une terre franche sableuse dérivée de roches sédimentaires sableuses. Avant notre étude il était en jachère d'*Eupatorium* nouvellement défrichée. Le pH du sol (dans le rapport de 1 : 1 terre-eau) était de 6,2 ; le C organique de 1,22 % ; N total

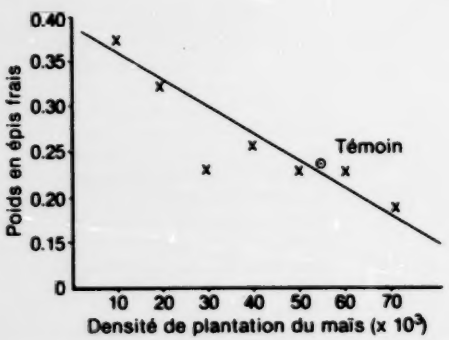


Fig. 3. *Effet de la densité de plantation sur la verse, pour deux cultivars de manioc.*

de 0,15 % ; CEC 6,14 me/100 g ; P-1 Bray extractible, 4,3 ppm P.

Nous avons comparé trois doses d'azote (Tableaux 1 et 2). Le maïs a été planté à deux écartements différents : 1 × 1 m (trois plants/poquet) et 1 × 0,33 m (un plant/poquet), soit environ 30 000 plants/ha. Le manioc a été planté à intervalles de 1 × 1 m, soit à 10 000 plants/ha. L'apport de phosphore a été de 60 kg P_2O_5/ha et celui de potasse de 90 kg K_2O/ha. Dans le premier essai le manioc a été récolté à 10 mois, et dans le deuxième à 13 mois après la plantation.

En sol nouvellement défriché, l'apport d'azote n'a pas eu d'effet marqué sur les rendements en maïs, les première et deuxième saisons, en monoculture comme en culture mixte (Tableau 1). La plantation à raison de un ou trois plants de maïs par poquet n'a pas eu d'effet non plus sur le rendement. En culture mixte avec le manioc à 10 000 plants/ha le rendement en maïs grain n'a guère été affecté. À noter, cependant, que dans cet essai la variété de maïs TZE ne s'est pas bien comportée.

Récolté hâtivement (10 mois) le manioc a vu son rendement en racines réduit sensiblement à la fois par l'apport d'azote et par sa culture associée au maïs. On a observé un recul linéaire du rendement en racines à mesure que les doses d'azote ont augmenté de 0 à 120 kg N/ha. Il semble que dans ce sol relativement fertile l'apport d'azote ainsi que la culture mixte retardent le grossissement des racines.

La deuxième année, la récolte de maïs a été quelque peu affectée par la sécheresse à l'époque de la formation des grains, ce qui expliquerait son rendement inférieur (Tableau 2). Malgré cela le maïs, tant en monoculture qu'à l'état associé, a réagi de façon significative à l'azote. De plus, comme pour l'année précédente, le maïs en culture mixte avec le manioc n'a pas enregistré d'augmentation de grain récolté.

Dans le cas de la récolte tardive (13 mois) la production des racines de manioc a été plus élevée la deuxième année (Tableau 2), sans cependant que l'on observe de réaction vraiment significative à l'apport de N, ce qui proviendrait des besoins plus restreints du manioc en azote. La deuxième année, l'association avec le maïs n'a pas affecté les rendements en racines.

À l'époque de la récolte du maïs associé au manioc, on a noté de nettes différences dans le volume des parties aériennes entre le manioc en monoculture et en culture associée. Les plants de manioc cultivés seuls étaient vigoureux, feuillus et leur végétation aérienne répondait visiblement à l'engrais azoté. En culture mixte, d'autre part, le manioc s'étiolait, se ramifiait peu et son feuillage était moins abondant. Malgré cette nette différence, vers l'âge de 4 à 5 mois, les rendements en racines du manioc en monoculture ou en culture associée pouvaient se comparer (Tableau 2). Oelsligle et alii (1975) ont fait la même observation dans un essai de réaction à l'azote du maïs et du manioc cultivés dans les mêmes conditions, à Costa Rica. Ils ont avancé que, d'une part, les plants de manioc en monoculture emmagasinaient dans leurs racines un surplus de produits de photosynthèse durant la première moitié du cycle de végétation, leur métabolisme demeurant par la suite relativement passif jusqu'à la récolte ; d'autre part,

Tableau 1. Effet de l'apport de N sur le rendement du maïs (variété TZPB) et du manioc (variété TMS 30395) en culture mixte en sol Alagba (oxic paleustalf), 1979–1980.[a]

Dose de N (kg N/ha)	Mélange cultivé	Rendement en racines fraîches de manioc (t/ha)	Rendement maïs grain (t/ha)	RET
0	Maïs (1 × 0,33 m, 1 plant/poquet)	–	1,80	–
	Maïs (1 × 1 m, 3 plants/poquet)	–	1,74	–
	Manioc (1 × 1 m)	30,12	–	–
	Maïs (1 × 0,33 m) + manioc (1 × 1 m)	29,11	1,93	1,90
	Maïs (1 × 1 m) + manioc (1 × 1 m)	29,89	1,87	2,00
60	Maïs (1 × 0,33 m, 1 plant/poquet)	–	2,30	–
	Maïs (1 × 1 m, 3 plants/poquet)	–	2,40	–
	Manioc (1 × 1 m)	30,90	–	–
	Maïs (1 × 0,33 m) + manioc (1 × 1m)	27,10	2,45	1,95
	Maïs (1 × 1 m) + manioc (1 × 1 m)	29,50	2,39	1,95
120	Maïs (1 × 0,33 m, 1 plant/poquet)	–	2,28	–
	Maïs (1 × 1 m, 3 plants/poquet)	–	2,12	–
	Manioc (1 × 1 m)	28,65	–	–
	Maïs (1 × 0,33 m) + manioc (1 × 1 m)	24,85	2,52	2,05
	Maïs (1 × 1 m) + manioc (1 × 1 m)	29,68	2,10	2,03

a) Récoltes de maïs légèrement affectées par la sécheresse : manioc récolté à 13 mois.

Tableau 2. Effet de l'apport de N sur le rendement du maïs et du manioc (variété TMS 30395) en culture mixte en sol Alagba (oxic paleustalf), 1978–1979.[a]

Dose de N (kg N/ha)	Mélange cultivé	Rendement en racines de manioc fraîches (t/ha)	Rendements en maïs grain (t/ha)			
			Première saison (T2PB)	Deuxième saison (TZE)	Total	RET
0	Maïs–maïs (1 × 0,33 m, 1 plant/poquet)	–	6,24	0,66	6,90	–
	Maïs–maïs (1 × 1 m, 3 plants/poquet)	–	6,16	0,49	6,65	–
	Manioc (1 × 1 m)	13,28	–	–	–	–
	Maïs (1 × 0,33 m) + manioc (1 × 1 m)	7,05	5,74	–	5,74	1,38
	Maïs (1 × 1 m) + manioc (1 × 1 m)	6,44	5,51	–	5,51	1,29
60 + 30[b]	Maïs–maïs (1 × 0,33 m, 1 plant/poquet)	–	5,72	0,61	6,33	–
	Maïs–maïs (1 × 1 m, 3 plants/poquet)	–	6,34	0,89	7,23	–
	Manioc (1 × 1 m)	11,04	–	–	–	–
	Maïs (1 × 0,33 m) + manioc (1 × 1 m)	5,92	5,60	–	5,60	1,37
	Maïs (1 × 1 m) + manioc (1 × 1 m)	5,82	6,12	–	6,13	1,43
120 + 30[b]	Maïs–maïs (1 × 0,33 m, 1 plant/poquet)	–	6,06	0,79	6,85	–
	Maïs–maïs (1 × 1 m, 3 plants/poquet)	–	6,12	0,69	6,81	–
	Manioc (1 × 1 m)	7,79	–	–	–	–
	Maïs (1 × 0,33 m) + manioc (1 × 1 m)	7,50	5,56	–	5,56	1,77
	Maïs (1 × 1 m) + manioc (1 × 1 m)	6,06	5,67	–	5,67	1,60

a) Manioc récolté à 10 mois ; variété de maïs TZPB première saison, TZE deuxième saison.
b) 30 kg N ajoutés durant la deuxième saison au manioc et au maïs TZE.

le manioc en culture associée, après avoir cessé d'être en concurrence directe avec le maïs, réactiverait son appareil de photosynthèse et en emmagasinerait la plupart des produits dans ses racines à une période ultérieure de son développement. Ainsi donc, moyennant une période de croissance suffisante, le manioc en culture associée peut produire des rendements comparables à ceux qu'il atteindrait en monoculture.

Les RET (rapport équivalence-terre) sont élevés dans le cas du maïs et du manioc en culture associée. Oelsligle et alii (1975) ont rapporté des RET de l'ordre de 2,26–2,94, révélateurs de la productivité des systèmes de culture mixtes associant le manioc et le maïs.

Conclusions

Les résultats des deux expériences révèlent nettement la grande productivité du maïs–manioc en culture associée. Ils indiquent également qu'avec les cultivars améliorés TZPB pour le maïs et TMS 30395 et TMS 30572, pour le manioc, des populations combinées de 30 000 plants/ha de maïs et de 10 000 plants/ha de manioc représentent les densités optimales. En sols moyennement fertiles, l'apport d'azote bénéficiera plus au maïs qu'au manioc qui lui est associé.

La récolte des feuilles de manioc au Zaïre

N.B. Lutaladio et H.C. Ezumah

Programme national manioc (Zaïre) et Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan (Nigéria)

La récolte de feuilles de manioc pour l'alimentation pourrait augmenter de 1,5 à 6 fois le revenu total de cette culture au Zaïre, selon le cultivar et la fréquence de la cueillette. Cependant, les cueillettes trop rapprochées peuvent provoquer une attaque sévère de mosaïque et compromettre le rendement de la plante à la fois au niveau des tubercules et celui des feuilles. Une seule récolte de feuilles par mois assure la rentabilité de la culture en permettant une production élevée de feuilles et en réduisant les pertes de tubercules.

In Zaire, harvesting cassava leaves for use as a vegetable could increase the total revenue (leaf and root) from the crop by 1.5–6 times, depending on cultivar and on frequency of leaf harvesting. Frequent removal of leaves results in a high incidence of cassava mosaic disease (CMD) and reductions in root and leaf yields. Harvesting leaves once a month provides a high leaf production and returns with low losses in root yield.

Au Zaïre, le manioc est la nourriture de base la plus importante de la population. La production du pays est d'environ 11 Mt, faisant du Zaïre le plus grand producteur de cette denrée en Afrique, et le troisième à l'échelle mondiale, après le Brésil et l'Indonésie.

Dans ce pays, le manioc fournit environ 60 % des calories consommées quotidiennement par l'individu moyen, et ses feuilles lui fournissent son principal légume et la source la plus riche et la moins coûteuse de protéines. Les feuilles de manioc ne servent pas seulement à la consommation humaine mais sont également un aliment précieux pour les bestiaux (Hutagalung et alii, 1973 ; Moore, 1976).

Cependant, on n'a publié que peu d'informations relatives à la valeur des feuilles de manioc. Montaldo et Montilla (1976) ont rapporté que la récolte du feuillage mûr, au Vénézuéla, réduisait sensiblement le rendement en racines lorsqu'on en faisait la cueillette tous les 4 mois. Au Zaïre, PRONAM (Programme National Manioc) a entamé des recherches sur les conséquences que peut avoir l'effeuillage sur la végétation du manioc, le rendement en racines, la fréquence des maladies, et le revenu total.

Ces informations revêtent la plus haute importance pour ceux qui participent à la production du manioc, en particulier au Zaïre où l'on consomme presque quotidiennement feuilles et racines.

Méthodologie

On s'est servi de deux variétés: Kangu (variété locale du Bas-Zaïre), et 02864 (variété douce), création de l'INERA, cultivées en sol alluvionnaire, à M'vuazi, Zaïre, durant la saison 1975–1976.

Les boutures de manioc, de 25 cm de long, ont été plantées en planches sur 35 m^2, espacées de 1 × 1 m. La méthode des blocs a été appliquée, avec quatre répétitions. Les quatre modes de récolte des feuilles ont été les suivants :

- Fréquemment — chaque fois que des feuilles mûres pouvaient être consommées comme légume ;
- Une fois par mois ;
- Une fois par deux mois ;
- Pas du tout — témoin.

À compter du cinquième mois après la plantation, les feuilles de manioc considérées comme vendables au marché local ont été récoltées sur la partie supérieure du feuillage. On les pesait pour en évaluer la production et le revenu prévisible. Pendant la saison sèche et la saison humide on a pris note des maladies observées : mosaïque (MM), brûlure bactérienne (BBM) et anthracnose (AM). Au bout de 12 mois, on a relevé le rendement en racines fraîches.

RÉSULTATS

On a constaté que le rendement en feuilles augmentait durant la saison des pluies et avait tendance à baisser en saison sèche ainsi qu'à la suite de cueillettes répétées avec, cependant des différences entre les cultivars quant à l'importance des réductions (Fig. 1).

Comparativement à la cueillette mensuelle, la bimestrielle a réduit la production des feuilles de plus de 25 %, soit à 16,3 t/ha pour le Kangu et à 17,6 t/ha pour le 02864 ; quant à la cueillette répétée elle a encore accentué la chute de la production, à 5,7 et 6,9 t/ha respectivement. Les plus hauts rendements ont été ceux obtenus d'une seule cueillette par mois, soit 22,7 t/ha pour le Kangu et 24,5 t/ha pour le 02864.

Plus fréquentes ont été les cueillettes de feuilles de manioc, plus nombreux ont été les cas observés de mosaïque (Tableau 1). Le rapport entre la fréquence des cueillettes et les cas de BBM et d'AM n'a pas été constant pendant toute la période de végétation de la

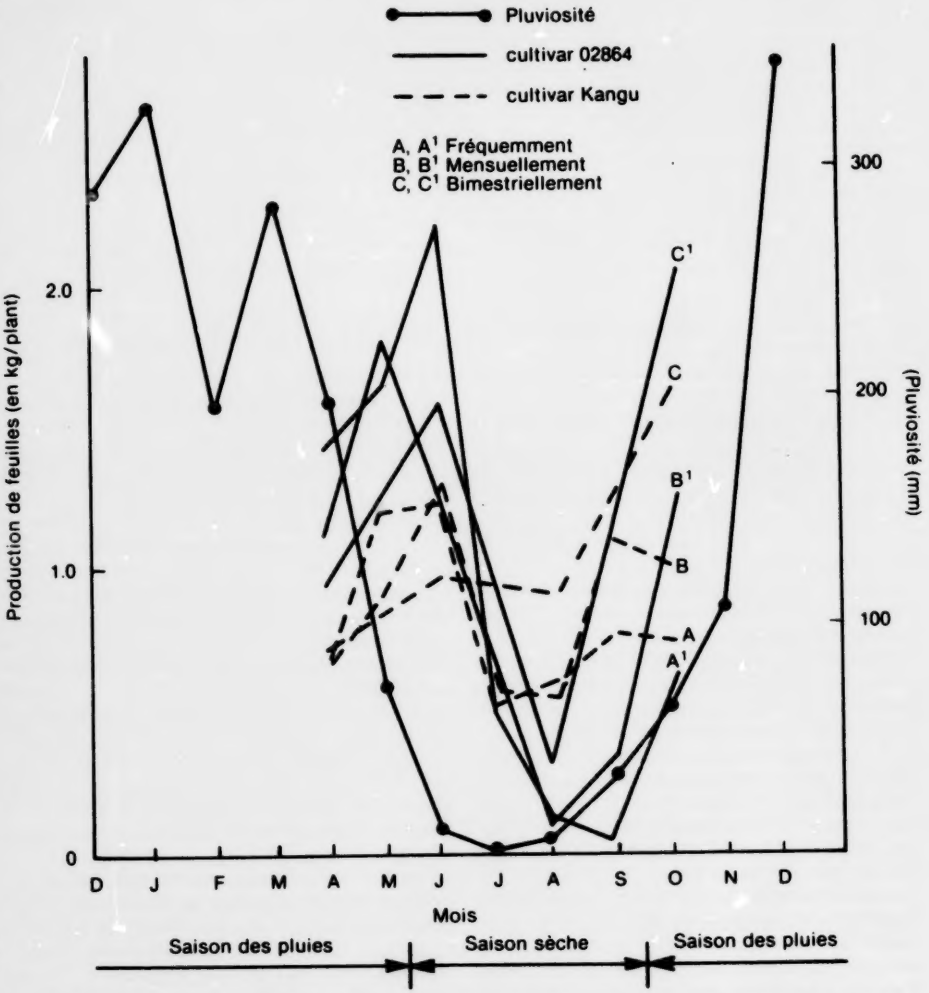


Fig. 1. *Rendements en feuilles de deux cultivars de manioc et répartition des pluies à M'vuazi (Zaïre).*

Tableau 1. Effets de la fréquence des cueillettes de feuilles sur la virulence des maladies chez deux cultivars de manioc.

Cueillette des feuilles	Kangu						02864					
	Mai			Sept.			Mai			Sept.		
	MM	BBM	AM	MM	BBM	AM	MM	BBM	AM	MM	BBM	AM
Fréquentes	5,0	4,8	1,8	4,3	4,0	2,1	4,8	2,5	2,2	3,5	3,8	2,0
Mensuelles	4,5	2,8	2,2	4,0	3,0	2,2	4,8	2,3	2,2	3,0	2,5	2,8
Bimestrielles	3,0	1,8	2,0	4,0	2,0	3,0	2,8	2,0	2,0	3,2	2,0	3,0
Témoin	3,0	2,2	2,5	2,2	2,0	3,0	2,2	2,2	3,2	3,0	2,0	3,3
Erreur normalisée	1,02	1,34	0,30	0,96	0,96	0,50	1,35	0,19	0,55	0,25	0,83	0,55

Tableau 2. Effets de la fréquence des cueillettes de feuilles sur les revenus (zaïres/ha) pour deux cultivars de manioc.[a]

Cueillette des feuilles	Kangu		02864	
	Revenu des racines	Revenu des feuilles	Revenu des racines	Revenu des feuilles
Fréquentes	1.47a	5.70a	4.62a	6.90a
Mensuelles	3.30b	22.70c	7.56b	24.50c
Bimestrielles	4.20c	16.30b	10.74c	17.60b
Témoin	4.35c	–	9.06a	–

a) Les revenus sont calculés d'après les prix de 0.30 Z et 1.00 Z par kg de racines fraîches et de feuilles fraîches, respectivement : les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil de probabilité de 5 %.

récolte, en raison de l'influence de l'humidité et de la pluviosité sur les manifestations de ces deux dernières maladies (IITA, 1975 ; Terry, 1976). On doit cependant noter une diminution de l'anthracnose à mesure que la fréquence des cueillettes augmentait.

La récolte des feuilles a généralement entraîné une diminution de rendement des tubercules, comparativement au témoin (14,5 t/ha pour Kangu et 30,2 t/ha pour 02864) mais d'une importance variable selon la fréquence. Les cueillettes répétées ont entraîné d'importantes réductions, soit de 66 et 49 %, à 4,9 et 15,4 t/ha pour Kangu et 02864, respectivement. Les cueillettes mensuelles ont réduit la production de racines à 11,0 et 25,2 t/ha, respectivement. La cueillette limitée a été avantageuse pour 02864 dont le rendement en racines a augmenté de 18,5 % lorsqu'elle avait lieu une fois par 2 mois, comparativement au témoin.

Les revenus en racines du témoin n'ont pas été très différents de ceux réalisés pour une seule cueillette bimestrielle des feuilles, mais ils ont été inférieurs dans le cas des cueillettes fréquentes ou mensuelles. Les revenus des feuilles récoltées une fois par mois ont été plus élevés que ceux des cueillettes fréquentes ou bimestrielles. Le revenu total (racines et feuilles) provenant de la cueillette fréquente, mensuelle, et bimestrielle des feuilles du cultivar 02864 a été, respectivement, de 1,6, 5,9 et 4,7 fois celui du témoin, et dans le cas du Kangu de 1,3, 3,5 et 3,1 fois ce revenu (Tableau 2).

Discussion et conclusions

Lorsqu'on récolte fréquemment les feuilles, le rendements en feuilles et en racines diminuent et l végétation et la vigueur des plants déclinent égale ment. Cette pratique augmente aussi la fréquence d la mosaïque (MM) et affecte de façon générale l rendement et le revenu de la récolte.

La cueillette bimestrielle des feuilles n'affecte pa le rendement des racines dans les conditions écolog ques prévalentes à M'vuazi. Autrement dit, champ de manioc pourrait devenir une source légumes feuillus sans affecter son rendement racines, à condition d'effectuer la cueillette aux i tervalles appropriés. Selon les aptitudes végétativ du cultivar, la production de feuilles pourra augmenter grâce à cette cueillette, la croissance d pousses secondaires et tertiaires et d'autres branch en étant stimulée. Nos résultats semblent indiqu que le manioc cultivé pour ses racines pourrait ra porter également un revenu élevé grâce à s feuilles, à peu près sans affecter le rendement racines.

Là où les feuilles de manioc sont recherch comme légumes, le revenu qu'elles pourraient p curer justifie les efforts des généticiens en vue sélectionner des cultivars à rendement élevé feuilles. On devra également s'attacher aux beso d'azote et à l'irrigation de la récolte pendant saison sèche pour stimuler cette végétation.

EFFETS DE L'EFFEUILLAGE ET DE L'ÉCIMAGE SUR LES RENDEMENTS EN FEUILLES ET EN RACINES DU MANIOC ET DE LA PATATE DOUCE

M.T. DAHNIYA

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE, COLLÈGE UNIVERSITAIRE NJALA, UNIVERSITÉ DE SIERRA LEONE, FREETOWN (SIERRA LEONE)

Le document comprend deux études effectuées à des périodes différentes sur les effets de la récolte des feuilles chez le manioc et chez la patate douce. Dans le cas du manioc, Isunikakiyan n'a apparemment pas souffert de la cueillette régulière de feuilles, contrairement à TMS 30211. Cependant, si on les compare aux autres plantes non défoliées, le rendement en tubercules a diminué de 56 à 76 %, de 34 à 62 % et de 15 à 32 % respectivement lorsque les feuilles ont été récoltées à des intervalles de 1, 2 et 3 mois. Mais la production de tubercules a été moins affectée par la cueillette de bourgeons terminaux que par celle des pousses à la base de la plante. Et plus les intervalles de cueillette de bourgeons terminaux étaient rapprochés plus le nombre de tubercules diminuait. Leur dimension était plus réduite et le rendement total plus faible. La défoliaison ou la cueillette des bourgeons affecte différemmment le rendement en racines et tubercules selon les variétés de manioc et de patates douces étudiées. Il est recommandé pour obtenir des rendements raisonnables, de n'effectuer la récolte de feuilles de manioc qu'à des intervalles de 2 ou 3 mois et de 4 semaines pour les pousses de patates douces.

I undertook two studies, one on the effects of harvesting leaves of cassava and the other on the effects of detopping sweet potatoes at different times. My findings were that total fresh leaf yield of cassava variety Isunikakiyan was not significantly affected by harvesting frequency of the leaves unlike that of variety TMS 30211. However, compared with plants with unharvested leaves, there was a total fresh root yield decrease of 56–76%, 34–62%, and 15–32% when leaves were harvested at 1-, 2-, and 3-month intervals. Detopping sweet potato shoot tips resulted in 34–42% less shoot yield than did detopping plants at the base of each shoot. Total shoot yield was unaffected when the tips were harvested at 2-, 3-, or 4-week intervals. Tuber yield was less severely reduced when shoot tips were detopped than when they were cut at the base. As the intervals between detoppings decreased, there was a decrease in tuber numbers, individual tuber size, and total yield. The cassava and sweet potato varieties studied reacted differently to leaf harvests and detopping in terms of root and tuber yields. Harvesting cassava leaves at 2- or 3-month intervals and sweet potato shoots at 4-week intervals is recommended for reasonable overall yields.

Les tubercules du manioc et de la patate douce constituent l'aliment de base d'une nombreuse population des régions tropicales. Cependant, les feuilles et les jeunes pousses de manioc, les pétioles et limbes de la patate douce constituent également des aliments appréciés dans plusieurs pays africains et asiatiques. De plus, l'emploi des feuilles de manioc et des pousses de patate douce dans l'alimentation des bestiaux suscite de plus en plus d'intérêt.

Les feuilles de manioc sont une bonne source de protéines, de vitamines et de minéraux. D'après Oyenuga (1968) les variétés locales du Nigéria contiendraient 14,7 % de protéine, 8,4 % d'éthers-sels et 16,1 % de cendre totale. Eggum (1970) a constaté que les aminoacides dans les feuilles de trois variétés nigérianes comprenaient en moyenne 6 % de lysine, 2 % de méthionine, 11 % d'acide aspartique, 5,5 % de valine et 2,2 % de triptophane. La farine de feuilles de manioc est à peu près équivalente à celle de luzerne en valeur nutritive (Khajarern et alii, 1977).

Les pousses de la patate douce sont également nutritives. Kay (1973) a analysé la composition typique de 100 g de pousses terminales et y a relevé 87,1 g d'eau, 0,57 g d'azote, 0,67 g d'éthers-sels, 1,4 g de cellulose, 1,59 g de cendre dont 81,2 mg de calcium, 67,3 mg de phosphore et 10,37 mg de fer. Les teneurs en vitamines étaient : carotène 3,61 mg, thiamine 0,06 mg, riboflavine 0,17 mg, niacine 0,94 mg et acide ascorbique 25 mg.

D'autre part, Ahmad (1973) et Singh et Chaudhury (1975) ont souligné certains effets défavorables de la cueillette des feuilles sur les rendements en tubercules du manioc, et Gonzales et alii, (1977) ont fait la même observation concernant la patate douce effeuillée. Il serait opportun de rechercher le point d'équilibre permettant de récolter une partie de la végétation aérienne du manioc et de la patate douce

sans affecter sensiblement le rendement des parties souterraines comestibles. C'est dans ce but que j'ai étudié les effets de la fréquence des cueillettes de feuilles sur les rendements de racines et de feuilles fraîches de deux variétés de manioc. Deux autres études ont porté sur les effets de la fréquence d'écimage des pousses de la patate douce sur les rendements en tubercules.

Matériels et méthodes

Expérience sur le manioc

J'ai cueilli les feuilles des 30 cm supérieurs de chaque branche de deux variétés de manioc, Isunikakiyan et TMS 30211, à divers intervalles de temps.

Le schéma factoriel adopté était un 2 × 4 avec traitements agencés en quatre blocs complets avec distribution au hasard, l'un des facteurs représentant les deux variétés utilisées et l'autre la chronologie des cueillettes de feuilles, effectuées respectivement à 1, 2 et 3 mois d'intervalle, ou sans cueillette (c.-à-d. 8, 4, 3 et 0 coupes). Chaque parcelle comprenait quatre billons de 10 m de longueur, avec 10 boutures, chacune de 23 cm de long, espacées de 1 m sur le billon. La plantation a eu lieu le 17 avril 1978. À chaque cueillette de feuilles, (la première, 4 mois après la plantation) on enregistrait le poids en feuilles fraîches de 16 plants se trouvant au centre de chaque parcelle.

La récolte des racines a eu lieu 1 an après la plantation. On a séparé la production des 16 plants centraux par parcelle, en limbes, pétioles, tubercules, tiges et la bouture d'origine. Chaque composante a été pesée, on a relevé le poids total des racines et de celles qui étaient vendables, c'est-à-dire ayant un diamètre minimal de 5 cm.

Des prélèvements de racines, de boutures d'origine et de tiges ont été hachés séparément et 10 sous-échantillons (500 g) de chaque partie de plant des deux variétés ont été séchés pendant 72 heures, à 65 °C dans un four aéré pour en peser la matière sèche. Pour les pétioles et les limbes, des échantillons de 100 g de chaque plant par variété ont été séchés à 65 °C pendant 48 heures.

Les récoltes n'ont pas été irriguées, mais ont été sarclées régulièrement. On s'est abstenu de toute fumure chimique, le manioc étant une plante de cultivateurs à revenus modiques qui la cultivent pour ses feuilles et ses racines et qui, normalement, n'utilisent pas d'engrais.

Expériences sur la patate douce

L'Institut international d'agriculture tropicale a effectué deux expériences séparées sur l'écimage de la patate douce, en 1977 et 1978.

En 1977, deux variétés, TIS 2328 et TIS 2154 o été soumises à trois méthodes d'écimage. Le schén factoriel adopté était un 2 × 3, avec traitemen agencés en quatre blocs complets avec distributic au hasard, les deux variétés constituant l'un d facteurs, l'autre représentant les méthodes d'éc mage, en l'occurrence : pas d'écimage, suppressio des extrémités des tiges seulement (25 cm de chaqu extrémité) et écimage des pousses à partir du pie (10 cm du niveau du sol).

Chaque parcelle comprenait quatre billons, cha cun de 3,6 m de longueur et portant 12 rejetons de 3 cm plantés à 30 cm d'intervalle, le 4 mai 1977. L récolte n'a été arrosée que par les pluies à l'excep tion de 4 heures d'arrosage au début pour favorise l'implantation.

Les pousses supérieures étaient coupées 48 et 8(jours après la plantation et l'on notait les poids e pousses fraîches des 16 plants se trouvant au centr de chaque parcelle. La récolte des tubercules a eu lieu 152 jours après la plantation et l'on a enregistr le nombre et le poids à l'état frais de l'ensemble de tubercules et de ceux de qualité marchande, c'est-à dire ayant un diamètre minimal de 2,5 cm.

En 1978 une expérience dans le champ a porté su les effets de la fréquence de résection des 25 cm supérieurs des pousses de deux variétés, TIS 2154 e TIS 3030.

Le schéma factoriel était un 2 × 4 avec quatre blocs complets, distribution au hasard, l'un des fac teurs étant représenté par les deux variétés et l'autre par la chronologie des écimages, c'est-à-dire : pas d'écimage, et écimages à 2, 3 et 4 semaines d'inter valle. Les rejetons ont été mis en terre, le 19 avri 1978, dans des parcelles de mêmes dimensions et à la même densité de peuplement qu'en 1977. Les plants ont été arrosés durant 4 heures, 13 jours après la plantation, pour faciliter leur enracinement. Le premier écimage a eu lieu à 55 jours et la récolte des tubercules à 154 jours. On a effectué les mêmes mesurages qu'en 1977.

Les parcelles des champs ont été sarclées régulière rement et les plants traités à deux reprises avec une pulvérisation de 5 ml de Rogor 50 et de 50 ml de Gammaline dans 10 litres d'eau, contre les charan çons et autres insectes phyllophages. Il n'y a eu aucun apport d'engrais chimiques.

Résultats

Manioc

Pour la variété Isunikakiyan, la récolte totale de feuilles fraîches n'a guère été affectée par la cueil lette des feuilles supérieures à 1, 2 ou 3 mois d'inter valle. Cependant, TMS 30211 a donné un total de

13,6 et de 11,9 t/ha de feuilles fraîches, pour la cueillette à 1 et 2 mois d'intervalle, respectivement, quantités nettement supérieures aux 7,6 t/ha obtenues de la cueillette à 3 mois d'intervalle (Tableau 1).

Le poids total et le poids marchand de racines fraîches d'Isunikakiyan ont été en augmentant à mesure que les intervalles se prolongeaient entre les cueillettes de feuilles. Comparativement aux plants témoins, les plants effeuillés ont vu leur rendement total de racines fraîches diminuer, respectivement, de 76, 62 et 15 % lorsque les feuilles ont été cueillies à 1, 2 ou 3 mois. Pour chaque intervalle, la production de racines fraîches de qualité marchande a diminué d'environ 10 % de plus que celles des racines dans leur ensemble. L'allongement des intervalles de cueillette a eu un effet marqué sur le pourcentage de racines marchandes, qui est tombé successivement de 78 à 69, 58 et 40 respectivement, pour 0, 3, 4 et 8 cueillettes. TMS 30211 a également produit des rendements en racines totales et en racines marchandes notablement plus élevés sans aucune cueillette de feuilles qu'avec des récoltes à 1, 2 ou 3 mois (Tableau 1). Comparativement aux plants témoins les plants effeuillés ont vu leur rendement total de racines fraîches décliner de 56, 34 et 32 % lorsque les cueillettes ont eu lieu à intervalles, respectivement, de 1, 2 et 3 mois. Les rendements en racines marchandes fraîches ont été réduits, de leur côté, de 71, 40 et 42 % pour ces mêmes intervalles. Alors que dans le cas des plants témoins on a pu classer 83 % des plants comme de qualité marchande, on n'en a obtenu que 71, 75 et 54 % respectivement, dans le cas des plants effeuillés à intervalles de 3, 2 et 1 mois.

Le rendement en racines était censé représenter le nombre de racines par plant et le poids de chaque racine. Les intervalles de cueillette de feuilles n'ont pas sérieusement affecté le nombre total des racines des deux variétés. Celui des racines marchandes de la variété Isunikakiyan n'a pas non plus été affecté, mais les plants de TMS 30211 au feuillage resté intact ont produit une récolte de racines marchandes nettement plus abondante que lorsque les feuilles ont été cueillies à 1 ou 3 mois. Pour les deux variétés, le poids des racines individuelles a diminué à mesure que les intervalles de cueillette se raccourcissaient (Tableau 1).

À la récolte finale, la matière sèche totale obtenue des plants de TMS 30211 a été en diminuant parallèlement aux intervalles de cueillette des feuilles. Les plants au feuillage gardé intact ont produit sensiblement plus de matière sèche que les plants effeuillés. Isunikakiyan dont les feuilles avaient été cueillies chaque mois a donné beaucoup moins de matière sèche totale que les plants témoins ou que ceux effeuillés tous les trois mois (Tableau 1).

On a calculé les proportions de matière sèche contenue dans les racines et les autres parties des plants. La part contenue dans les racines (indice de récolte) de la variété Isunikakyian a été en diminuant en même temps que les intervalles entre les cueillettes de feuilles. Les plants de cette même variété non effeuillés ont accumulé 29 % de leur matière sèche totale dans les racines, tandis que ceux qui avaient été effeuillés aux 3, 2 et 1 mois en accumulaient respectivement 24, 16 et 13 %. On a observé un accroissement correspondant de la matière sèche des tiges et des boutures d'origine, à mesure que les intervalles entre les cueillettes diminuaient. Les plants d'Isunikakyian non effeuillés ont accumulé 53 % de leur matière sèche totale dans les tiges et 9 % dans les boutures. Ceux dont les feuilles avaient été récoltées à intervalles de 3 mois en avaient accumulé 57 % dans les tiges et 9 % dans les boutures plantées. Pour les plants effeuillés à 2 mois d'intervalle, les chiffres correspondants étaient de 61 % dans les tiges et 10 % dans les boutures, et pour ceux effeuillés mensuellement, de 66 % dans les tiges et de 12 % dans les boutures.

Les proportions de matière sèche contenue dans les limbes et les pétioles sont restées plus ou moins fixes pour les deux variétés soumises aux divers intervalles de cueillette. Pour chacun de ceux-ci, les plants de TMS 30211 ont transféré un pourcentage plus élevé de leur matière sèche totale dans les racines, et un pourcentage moindre dans les tiges et les boutures d'origine, que la variété Isunikakiyan. La répartition de la matière sèche de TMS 30211 aux divers intervalles d'effeuillage a été la même que pour Isunikakyian, mais avec un caractère moins marqué.

Patate douce

Lorsque les pousses de TIS 2328 et TIS 2154 ont été coupées à 10 cm du sol, les rendements totaux en pousses fraîches ont été nettement plus considérables que lorsqu'on a écimé seulement les bourgeons terminaux. Lorsqu'on a cueilli ces derniers, le rendement des pousses a été de 42 et 34 %, respectivement, inférieur à celui des plants écimés des deux variétés.

La cueillette des pousses, cependant, a réduit le rendement en tubercules, dans une mesure différente pour les deux variétés (Tableau 2). Comparativement au TIS 2328 témoin, le rendement total en tubercules frais a diminué de 48 % lorsqu'on a cueilli les bourgeons terminaux, tandis que la résection des pousses à la base a causé une réduction de 62 %. Pour la variété TIS 2154, le rendement total en tubercules frais a été réduit de 31 % lorsqu'on a cueilli les bourgeons terminaux et de 50 % quand les pousses ont été coupées à la base.

Tableau 1. Effets de la fréquence des cueillettes de feuilles sur les rendements du manioc.

Variétés	Cueillettes de feuilles	Poids sec total (g/plant)	Poids sec total des tubercules (g/plant)	Indice à la récolte (%)	Poids de feuilles fraîches (t/ha)	Total, tubercules			Tubercules marchands		
						Tubercules/ plant	Rendement poids frais (t/ha)	Poids frais/ tuberc. (g)	Tubercules/ plant	Rendement poids frais (t/ha)	Poids frais/ tuberc. (g)
Isunikakiyan	0	1352	390	28,9	0,0	4,4	14,4	328	1,9	11,2	590
Isunikakiyan	3	1377	330	24,0	4,5	5,1	12,2	240	1,9	8,4	440
Isunikakiyan	4	917	149	16,3	4,1	3,4	5,5	162	0,8	3,2	396
Isunikakiyan	8	715	93	13,0	7,7	3,6	3,5	96	0,6	1,4	239
TMS 30211	0	2298	892	38,8	0,0	9,2	37,3	406	4,7	30,9	657
TMS 30211	3	1590	603	38,0	7,6	8,4	25,2	300	3,3	17,8	392
TMS 30211	4	1526	585	38,3	11,9	9,2	24,6	270	3,8	18,5	488
TMS 30211	8	1179	397	33,7	13,6	9,6	16,6	173	2,3	9,0	540

Tableau 2. Effets du mode d'écimage sur les rendements de la patate douce.

Variétés	Modes d'écimage	Rendement en pousses fraîches (t/ha)	Total, tubercules			Tubercules marchands		
			Tubercules par plant	Rendement état frais (t/ha)	Poids frais/ tuberc. (g)	Tubercules par plant	Rendement état frais (t/ha)	Poids frais/ tuberc. (g)
TIS 2328	Pousses complètes	44,2	2,8	4,0	49	0,5	1,9	114
TIS 2328	Bourgeons terminaux	25,7	3,4	5,5	48	0,5	3,0	181
TIS 2328	Aucun	0,0	4,4	10,6	73	1,2	7,3	184
TIS 2154	Pousses complètes	35,6	2,1	12,5	182	1,4	11,8	253
TIS 2154	Bourgeons terminux	23,6	2,2	17,1	235	1,4	16,2	348
TIS 2154	Aucun	0,0	2,2	24,8	339	1,7	24,4	428

L'écimage des plants de la variété TIS 2328 a affecté la proportion des tubercules de qualité marchande. Avec les plants laissés intacts, 69 % du total des tubercules étaient de qualité marchande tandis qu'après la cueillette des bourgeons terminaux ou des pousses entières, ces proportions sont tombées, respectivement, à 55 et 48 %. Pour TIS 2154, les pourcentages de tubercules marchands ont été de 98 pour les plants intacts, 95 pour ceux dont on avait enlevé les bourgeons terminaux, et de 94 pour ceux aux pousses coupées à la base.

Les rendements en pousses fraîches des variétés TIS 2154 et TIS 3030 n'ont pas été sensiblement modifiés par la cueillette des bourgeons terminaux, toutes les 2, 3 ou 4 semaines (Tableau 3).

La fréquence des écimages a eu un effet notable sur le rendement total en tubercules. Les plants intacts de TIS 2154 ont surpassé ceux écimés à 4 semaines d'intervalle, tandis que ceux raccourcis aux 4 semaines ont dépassé les plants écimés aux 2 semaines. On n'a pas relevé de différence significative du rendement total en tubercules pour les plants de TIS 2154 écimés toutes les 2–3 semaines. Comparativement aux plants intacts, ce rendement a été réduit de 72, 66 et 51 %, respectivement, après écimage à 2, 3 et 4 semaines d'intervalle.

Les plants intacts de la variété TIS 3030 ont surpassé en rendement les plants écimés à 4 semaines d'intervalle, et ces derniers ont fait mieux que les plants écimés toutes les 2 ou 3 semaines. On a constaté une réduction des rendements en tubercules frais de 73, 69 et 45 %, respectivement, lorsqu'on a cueilli les bourgeons terminaux à 2, 3 et 4 semaines d'intervalle, comparativement aux plants témoins.

Pour chacune des fréquences d'écimage, le rendement en tubercules marchands des deux variétés a été légèrement inférieur à la production totale. Pour les tubercules marchands de la variété TIS 2154, la diminution constatée a été, respectivement, de 76, 68 et 53 % pour les écimages à 2, 3 et 4 semaines d'intervalle, comparativement aux plants intacts. Pour la variété TIS 3030, les pourcentages correspondants ont été de 76, 72 et 42.

Le pourcentage des tubercules marchands a diminué quand les écimages ont été plus fréquents. Les plants intacts de TIS 2154 comptaient 98 % de tubercules marchands, ceux écimés aux 4 semaines 95 %, et ceux écimés à 3 et 2 semaines d'intervalle en comptaient, respectivement, 90 et 84 %. Pour TIS 3030 les pourcentages correspondants ont été de 96, 93, 87 et 84, respectivement, pour les plants intacts et ceux écimés aux 4, 3 et 2 semaines.

Le mode d'écimage a affecté à la fois le rendement total des tubercules et celui des tubercules marchands de la variété TIS 2328, mais non ceux de TIS 2154 (Tableau 3). Les plants intacts de TIS 2328 ont produit sensiblement plus de tubercules que ceux soumis aux deux autres modes d'écimage. Pour chacun de ces derniers, la variété TIS 2328 a donné plus de tubercules par plant que TIS 2354, mais la proportion de tubercules marchands a été plus élevée pour cette dernière.

Le poids par tubercule, tant pour le total que pour les tubercules marchands de la variété TIS 2328, n'a pas été sérieusement affecté par le mode d'écimage, mais les plants intacts de TIS 2154 ont donné des tubercules plus lourds que ceux des plantes écimées (Tableau 2).

À mesure qu'on a multiplié les écimages, le poids individuel des tubercules TIS 2154 a sensiblement diminué, sans qu'il y ait eu de changement dans le nombre des tubercules. Pour la variété TIS 3030, les poids individuels des tubercules ainsi que leur nombre par plant ont diminué à mesure qu'augmentait le nombre des écimages (Tableau 3).

Discussion

L'écimage des plants de patate douce à la base des pousses, à deux reprises durant la période de végétation, a donné des rendements en pousses plus élevés

Tableau 3. Effet des fréquences d'écimage sur les rendements de patate douce.

			Total, tubercules			Tubercules marchands		
Variétés	Fréquences d'écimage	Rendement en pousses fraîches (t/ha)	Tubercules/ plant	Rendement état frais (t/ha)	Poids frais/ tubercule (g)	Tubercules/ plant	Rendement état frais (t/ha)	Poids frais/ tubercule (g)
TIS 2154	Aucun	0,0	2,7	36,9	410	2,2	36,1	493
TIS 2154	Toutes les 4 semaines	20,8	2,3	18,0	235	1,7	17,1	303
TIS 2154	Toutes les 3 semaines	22,2	2,2	12,7	173	1,5	11,4	228
TIS 2154	Toutes les 2 semaines	20,5	2,6	10,4	119	1,4	8,7	185
TIS 3030	Aucun	0,0	4,9	46,5	286	3,5	44,4	381
TIS 3030	Toutes les 4 semaines	21,3	4,6	25,7	168	3,3	23,8	218
TIS 3030	Toutes les 3 semaines	24,0	4,0	14,3	108	2,4	12,5	158
TIS 3030	Toutes les 2 semaines	21,9	3,5	12,7	107	2,0	10,6	158

que la cueillette des bourgeons terminaux, mais un poids total moindre de tubercules et de tubercules marchands, ceux-ci étant également plus petits. Si on prévoit cultiver la patate douce à la fois pour la consommation des pousses et des tubercules, il vaudra mieux ne cueillir que les bourgeons terminaux, ce qui n'affectera presque pas la production des tubercules. De plus, les bourgeons terminaux constituent un légume tendre et savoureux.

À mesure qu'on a réduit les intervalles entre les cueillettes de feuilles de manioc et de pousses de patate douce, on a constaté une réduction correspondante dans le rendement en racines, totales et marchandes. Ce qui semble indiquer qu'on doit limiter le nombre de ces cueillettes si l'on entend cultiver les deux plantes à la fois pour leurs feuilles et pour leurs parties tubéreuses.

Le rendement total en feuilles fraîches de la variété de manioc Isunikakyian n'a pas été sensiblement affecté par les intervalles de cueillette et l'on n'a pas noté de différences sensibles du rendement en racines entre les plants laissés intacts et ceux qui ont été effeuillés tous les trois mois seulement. La variété TMS 30211 a donné des rendements en racines presque identiques lorsqu'on a cueilli les feuilles tous les 3 ou 2 mois, mais nettement plus de feuilles fraîches à 2 mois d'intervalle qu'à 1 mois. On recommande donc de ne cueillir les feuilles de manioc que tous les deux ou trois mois si l'on veut obtenir des rendements satisfaisants en feuilles et en racines.

La cueillette des bourgeons terminaux à intervalles de 4 semaines a produit autant de pousses fraîches de patate douce que l'écimage toutes les 2 ou 3 semaines, mais le rendement en tubercules en a été moins affecté. Cette période de 4 semaines est donc à recommander pour obtenir des rendements satisfaisants à la fois en tubercules et en pousses.

Les deux variétés de manioc ont réagi différemment aux cueillettes de feuilles en termes de rendement en racines. Ces derniers ont été inférieurs pour l'Isunikakyian à ceux de TMS 30211, peut-être parce que celle-ci produit beaucoup plus de feuillage. Le mode d'écimage de la patate douce a affecté le nombre total des tubercules des variétés TIS 2328 et TIS 3030 mais pas de façon sensible celui de TIS 2154.

Les efforts en vue de sélectionner le manioc et la patate douce à la fois pour la production de feuilles et de racines devraient se concentrer sur des variétés à grand rendement dont les racines et les tubercules seront le moins possible affectés par les cueillettes de feuilles ou les écimages.

Les intervalles entre les cueillettes de feuilles ont notablement influencé la grosseur des racines de manioc mais non leur quantité totale, c'est-à-dire que la grosseur des racines a plus contribué au rendement que leur nombre, ainsi que Williams (1974) l'a également signalé. Comme la première cueillette de feuilles n'a eu lieu que 4 mois après la plantation, il semble que le nombre des racines ait été fixé dès le début de la période de croissance. Hunt et alii (1977) ont fait la même observation à ce sujet ; Wholey et Cock (1974) ont observé de leur côté que le nombre de racines tubérisées par plant, demeurait à peu près stable après 3 mois de croissance, chez 11 des 13 variétés de manioc à l'essai.

La répartition de la matière sèche dans les racines (indice de récolte) de la variété de manioc Isunikakyian a été en diminuant à mesure qu'augmentait la fréquence des effeuillages, et il y a eu augmentation correspondante de la matière sèche des tiges et des souches. La fréquence accrue des cueillettes a créé une vive concurrence entre les racines et les pousses à l'égard des éléments assimilables et, comme l'a fait remarquer Waring (1970), ce sont les pousses qui semblent avoir l'avantage en cas pareil.

La baisse constante des rendements en racines de manioc et en tubercules de patate douce lorsqu'on augmente les cueillettes de feuilles et les écimages peut être attribuable à la réduction de la surface effective de photosynthèse. Hant et alii (1977) ont noté que la formation de fécule et, peut-être, la multiplication des cellules parenchymales des racines ralentit si l'on freine l'approvisionnement en hydrates de carbone, ce qui est le cas lorsqu'on retranche une bonne partie des feuilles et des tiges.

Dans les pays où le feuillage du manioc et de la patate douce sert à l'alimentation des humains et des animaux, la possibilité existe nettement de traiter les racines et le feuillage comme deux récoltes distinctes, les premières bien pourvues en hydrates de carbone, le second riche en protéine, vitamines et minéraux. Les résultats mentionnés ici montrent qu'on peut obtenir des rendements satisfaisants en racines tubéreuses, si l'on peut établir et observer des intervalles optimaux entre les cueillettes de feuilles et les écimages.

MÉTABOLISME, POINTS DE SYNTHÈSE ET TRANSLOCATION DES GLUCOSIDES CYANOGÉNÉTIQUES DU MANIOC

M.K.B. BEDIAKO, B.A. TAPPER ET G.G. PRITCHARD

DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE, UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE, KUMASI (GHANA) ; APPLIED BIOCHEMISTRY DIVISION, DSIR, PALMERSTON NORTH (NOUVELLE-ZÉLANDE) ; ET DEPARTMENT OF CHEMISTRY, BIOCHEMISTRY AND BIOPHYSICS, MASSEY UNIVERSITY, PALMERSTON NORTH (NOUVELLE-ZÉLANDE)

Essai sur la filière de la biosynthèse de la linamarine par la vaporisation de précurseurs appelés ^{14}C sur des feuilles de manioc. L'incorporation de ces précurseurs et de la valine administrés en solution correspond au modèle de biosynthèse de la linamarine établi chez d'autres plantes. Il comprend la suite des réactions à la valine, l'isobutyraldoxime, l'isobutyronitrile, et le 2-hydroxyisobutyronitrile. La vaporisation de valine sur les organes d'une plante de manioc a révélé que les pétioles, la nervure et l'apex des feuilles synthétisaient plus efficacement la linamarine que les tiges ligneuses ou les racines. On n'a trouvé aucune relation entre le contenu endogène de linamarine et la capacité apparente de l'organe à la synthétiser à partir de la valine. Cependant, le peu d'aptitude des tissus du limbe, des écorces des racines et de la chair comestible à incorporer la valine en linamarine pourrait provenir de l'existence de modes concurrentiels plus actifs qui neutraliseraient la valine administrée de l'extérieur. L'étude a aussi porté sur la translocation de la linamarine dans la plante en suivant la circulation de la feuille aux autres organes. Chez les plantes tubéreuses et non tubéreuses, cette translocation se traduit par une perte rapide de linamarine bien que les feuilles en retiennent une certaine quantité. Les feuilles âgées perdent continuellement la linamarine ^{14}C endogène presque sans conserver de résidu, phénomène attribué à la translocation et à la transubstantiation. Par la translocation, la linamarine a été distribuée dans tous les organes de la plante. Chez les plantes non tubéreuses, on a observé que la distribution de la linamarine suivait une direction apicale alors que chez les tubéreuses, la translocation était dirigée vers les tubercules. Il semble que la sénescence des feuilles favorise la translocation vers les racines. Les feuilles et les tissus des racines prélevés avaient peu transformé la linamarine qu'ils venaient de synthétiser. Cependant, la faible récupération de linamarine dans l'ensemble de la plante laisse envisager l'existence d'un phénomène actif de transubstantiation en cours de translocation ou dans les tissus mêmes.

We investigated the pathway of linamarin biosynthesis in cassava by vapour administration of ^{14}C-labeled precursors to cassava leaves. The incorporation of these precursors and of labeled valine administered by solution uptake was consistent with a pattern of linamarin biosynthesis established for other plants. It involves the reaction sequence through valine, isobutyraldoxime, isobutyronitrile, and 2-hydroxyisobutyronitrile. Administration of [^{14}C]valine to various organs of a cassava plant indicated than the leaf petioles, midribs, and shoot apex synthesize linamarin more efficiently than does the woody stem or the roots. No direct relationship was found between endogenous linamarin content and the organ's apparent ability to synthesize linamarin from exogenous valine. However, the low ability of leaf-blade tissues, root peels, and the edible flesh to incorporate valine into linamarin could be due to more active competing pathways removing the exogenously administered valine. We also investigated the translocation of linamarin in the cassava plant by following the path of leaf-synthesized linamarin translocated from the leaf to other parts of the plant. In both tuberous and nontuberous plants, a rapid loss of [^{14}C]linamarin has been shown to be due to translocation from the leaves. However, a residual component of [^{14}C] linamarin remained in the leaves. In senescing leaves, a continuous loss of both [^{14}C]-labeled and endogenous linamarin occurred and left almost no residual component. This finding was attributed to both translocation and turnover. Translocated linamarin was distributed to all parts of the plant. An apical direction of linamarin distribution exists in the nontuberous plants, whereas root-directed linamarin translocation prevailed in the root plants. Leaf senescence apparently enhances linamarin translocation to the roots. We found there was little turnover of freshly synthesized [^{14}C]linamarin in detached leaves and root tissues. However low recoveries of [^{14}C]linamarin in the whole-plant translocation experiments suggest that active turnover is occurring during translocation or in certain tissues.

Les glucosides cyanogénétiques : linamarine et lotaustraline se retrouvent dans toutes les variétés connues de manioc et dans tous les tissus de la plante. Diverse filières possibles de la biosynthèse

de ces glucosides ont été proposées. Nartey (1968) a signalé une conversion significative de la valine et de l'isoleucine en linamarine et lotaustraline, respectivement, chez des plants de manioc étiolés. La véritable filière biosynthétique n'a pas encore été éclaircie. La part croissante que prend le manioc à l'alimentation des humains et des animaux domestiques souligne l'importance d'une compréhension plus avancée du métabolisme des glucosides cyanogénétiques présents dans les plants. Les participants à une conférence sur les propriétés toxiques du manioc, en 1973 (Nestel et MacIntyre, 1973) ont prôné des recherches en ce sens comme susceptibles d'aider les scientifiques à sélectionner et à produire des variétés de manioc peu ou pas cyanogénétiques. Cet exposé traitera des travaux effectués sur la biosynthèse de la linamarine dans le manioc, indentifiant ses points principaux dans la plante et recherchant la possibilité de translocation de la linamarine des points de synthèse vers d'autres parties de la plante. L'exploration de la filière biosynthétique s'est faite par la vaporisation de certains précurseurs de la linamarine : l'isobutyronitrile, l'isobutyraldoxime et 2-hydroxyisobutyronitrile, en recourant à une nouvelle technique dans laquelle on a laissé les feuilles absorber le précurseur vaporisé dans une chambre de verre fermée. La vaporisation de valine L-[U-^{14}C] en solution sur les divers organes des plantes a été utilisée pour découvrir les points de biosynthèse. Nous avons marqué la linamarine [^{14}C] des feuilles avec 2-hydroxy [1-^{14}C] isobutyronitrile vaporisé et observé le changement dans la teneur des feuilles en linamarine marquée et sa répartition dans d'autres parties de la plante.

Procédés expérimentaux

Origine des plants

On a mis en germination dans des couches de tourbe des semences de manioc de variétés non définies provenant du Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali (Colombie) ; les conditions étaient celles d'une serre (18 à 35 °C et 75–90 % d'humidité relative). Des boutures de variétés Bega, Manioke et Navolau, fournies par le ministère de l'Agriculture, Station de recherche de Konorovia, Nansori (Îles Fidji) ont été multipliées sur lits de tourbe dans des bacs en plastique. Nous avons obtenu des sections racinées de manioc soit par la méthode de l'apex des pousses de Wholey et Cock (1975) ou par suspension de boutures dans de l'eau séréc, dans un sable à égouttement libre, sous nébulisation. Les pousses ou boutures racinées ont été cultivées dans une culture en solution ou une culture de gravier alimentée par la solution nourricière décrite par Forno et alii (1973).

Origine des éléments marqués

La valine L-[U-^{14}C] provenait du Radiochemical Centre, Amersham (Angleterre). L'isobutyronitrile [1-^{14}C] (336 µCi/mmol) a été préparé d'après la méthode modifiée de Smiley et Arnold (1960). La préparation et la purification du mélange marqué ont été décrites ailleurs (Bediako 1977). 2-hydroxy [1-^{14}C] isobutyronitrile (262 µCi/mmol) a été préparé par modification de la méthode Cox et Stormant avec [^{14}C] NaCN et acetone. Nous avons purifié le mélange marqué de cyanhydrine par barbotage dans un courant doux d'azote gazeux.

L'isobutyraldoxime [U-^{14}C] (0,848 µCi/mmol) a été obtenue par l'action de l'hydroxylamine et de l'isobutyraldehyde préparés à partir de la valine. L'oxime marquée a été purifiée dans une colonne chromatographique gaz-liquide (CGL) à 110 °C.

La linamarine [1-^{14}C] a été préparée par vaporisation de 2-hydroxy [1-^{14}C] isobutyronitrile sur des semis de lin (*Linum usitatissimum*). Après avoir séjourné jusqu'au lendemain dans des chambres éclairées, à 21 °C, les semis ont été soumis à trois extractions par l'éthanol bouillant à 80 %, concentrés et chromatographiés sur papier Whatman, n° 3 mm, avec du butanol saturé d'eau comme solvant. La zone de linamarine a été élusée et gelée. La rechromatographie de l'éluat suivie d'une élution et d'un décompte a révélé que l'extrait était radiochimiquement pur à 80 %. La linamarase a été préparée par la méthode de Coop (1940).

Méthodes analytiques

L'extraction des matières végétales a été effectuée à l'éthanol bouillant à 80 %. Les résidus insolubles ont été mélangés et extraits à nouveau en triple. Les extraits combinés ont été placés dans l'obscurité à la température ambiante du local ou réduits à l'état sec sous vide à 50 °C, les résidus étant absorbés dans du propanol à 20 % et conservés à 0 °C.

Pour séparer les glucosides cyanogénétiques des autres composés marqués, on s'est servi de la chromatographie sur papier et de l'électrophorèse-chromatographie à couche mince (CCM). La linamarine et la lotaustraline ont été détectées sur chromatogrammes. La linamarine [^{14}C] a été évaluée d'après les éluats des bandes chromatographiques, par hydrolise enzymatique suivie du trappage de l'HCN dans une solution alcaline et de son dosage par un procédé colorimétrique ou potentiométrique. On a également mis au point une méthode de chromatographie gazeuse pour le dosage de la linamarine, comportant la préparation de dérivés TMS de linamarine et de lotaustraline et leur dosage sur aérographe Varian 1440 raccordé à un intégrateur et enregistreur numérique d'électrons.

Nous avons localisé les composés marqués ^{14}C sur les bandes chromatographiques à l'aide d'un déchiffreur radiochromatographique sans prisme. Les composés radioactifs ont été détectés après l'électrophorèse-CCM par radioautographie avec durée d'exposition des films pouvant aller jusqu'à 4 semaines. Les raies ou bandes radioactives sur les chromatogrammes ont été éluées dans des fioles à scintillations. Le mélange de scintillation (solution de Triton – Toluène 1:2 contenant 6 g d'Omniflour/litre) a été ajouté aux éluats échantillons et on a calculé l'activité ^{14}C soit avec le spectromètre à scintillations pour liquides (Tricarb Packard 2002) à prisme large et étroit, soit avec un dispositif à scintillations pour liquides (Searle) raccordé à un téléscripteur à bande perforée.

Vaporisation des précurseurs marqués

Nous avons détaché les pétioles des feuilles sous l'eau et brièvement ébouillanté le point de résection pour empêcher toute exsudation de latex. La feuille a absorbé la valine [^{14}C] en solution par l'extrémité sectionnée, après quoi on a laissé les feuilles dans des bechers remplis d'eau, à 21 °C, jusqu'au lendemain.

Les précurseurs volatils isobutyronitrile [I-^{14}C], 2-hydroxy [I-^{14}C] isobutyronitrile et isobutyraldoxime [U-^{14}C] ont été absorbés par les feuilles par vaporisation dans une chambre d'alimentation en verre; celle-ci consistait en un plat rond en verre épais (2 × 21 cm) à bord dépoli, renversé pour couvrir une feuille retenue sur une base en plaque de verre. Le pétiole de la feuille traversait une rainure latérale dans le bord de la plaque et un agitateur magnétique inséré dans la chambre assurait la circulation uniforme des vapeurs pendant toute la durée de l'alimentation. La chambre en question avait été rendue étanche à l'air par une couche de gomme au silicone posée entre le plat et la plaque de base et fortement serrée. La solution du précurseur pénétrait par un septum d'entrée jusqu'à l'intérieur de la plaque en verre. L'oxime et le nitrile se sont vaporisés facilement mais on a dû chauffer la gouttelette d'hydroxynitrile pour la vaporiser. Après diverses périodes d'absorption, les vapeurs résiduelles ont été captées par déplacement d'eau dans une solution de NaOH 1 M. Nous avons récupéré les lavures de la chambre pour évaluer l'absorption de vapeur des précurseurs.

Administration de la valine [^{14}C] au coeur et à l'écorce des racines

On a pénétré les tissus des racines et de l'écorce par infiltration sous vide de valine L-[U-^{14}C]. Des prélèvements ont été effectués par carottage dans la partie comestible des racines et des lamelles ont été découpées dans la couche subéreuse externe.

Résultats et discussions

Filière de la biosynthèse de la linamarine

L'administration de précurseurs de linamarine marqués ^{14}C avait pour but premier de vérifier à quel point les divers précurseurs pouvaient convenir à des études subséquentes sur les propriétés de translocation et de biosynthèse de différents tissus. Les résultats sont intéressants en ce qui concerne la filière de biosynthèse de la linamarine (Tableau 1). L'incorporation de précurseurs volatils à la linamarine des feuilles de quatre variétés différentes a été significative et ses effets ont été les mêmes que ceux obtenus par l'incorporation de la valine. Les résultats ont montré que ces substances volatiles sont de bons précurseurs de la linamarine dans les feuilles du manioc. Les données recueillies concordent avec la filière biosynthétique de la linamarine comportant une séquence de réactions à partir de la valine en passant par l'isobutyraldoxime, l'isobutyronitrile et 2-hydroxyisobutyronitrile, jusqu'à la linamarine. L'existence de cette filière a été démontrée dans l'espèce *Linum* par l'administration, en solution, de précurseurs marqués. Conn et ses collaborateurs ont rapporté la recherche enzymatique d'une filière identique pour le *Sorghum bicolor*. L'intervention d'intermédiaires analogues dans cette filière suggère que la filière générale de la biosynthèse des glucosides cyanogénétiques est commune à la plupart des espèces cyanogénétiques, parmi lesquelles le manioc. Il sera peut-être nécessaire, dans l'intérêt des recherches futures, d'étudier l'existence éventuelle d'une autre filière.

Une étude de ce genre pourrait comporter l'administration de précurseurs marqués ^{14}C, tels que 2-hydroxyisobutyraldoxime, conjointement avec la détection des enzymes biosynthétiques pertinents.

Points de synthèse de la linamarine dans le manioc

Les quantités de glucosides cyanogénétiques dans les tissus du manioc n'indiquent pas nécessairement quels organes sont responsables de la production desdits glucosides. Le Tableau 2 présente certains chiffres relatifs à l'incorporation de ^{14}C de la valine à la linamarine. L'exploration radiochromatographique des extraits d'éthanol indique que, après l'administration de valine [^{14}C], celle-ci a été largement métabolisée dans tous les tissus, ceux des pétioles présentant, de loin, le pourcentage d'incorporation

Tableau 1. Incorporation des précurseurs dans la linamarine des feuilles de manioc.

Variété de manioc	Précurseurs	Traitement (μCi)	[^{14}C] linamarine		% ^{14}C incorporé
			μCi	AS[b]	
Manioke	Valine	0,954	0,164	5,2	17,2[a]
Navolou	Valine	0,700	0,070	2,0	12,5[a]
A	Valine	1,000	0,091	3,3	11,6[a]
Bega	2-OH-isobutyronitrile	3,820	0,790	13,6	20,6
Manioke	Isobutyronitrile	11,300	0,190	7,9	15,9
Manioke	Isobutyraldoxime	0,610	0,150	6,0	24,9

a) Rectifié en fonction de la perte de carboxybase.
b) AS = activité spécifique (μCi/mmol).

le plus élevé. Les valeurs relatives aux feuilles, à la partie supérieure des tiges et aux pointes de bourgeons, ont été identiques et très supérieures à celles relevées pour les tissus du bas des tiges et des parties souterraines, les racines.

Biosynthèse de la linamarine dans le système pétiolé des feuilles

Les expériences ont indiqué que feuilles, pétioles et pointes des pousses mettaient beaucoup plus d'activité à transformer la valine en linamarine que les tiges et les organes souterrains mûrs. Ainsi donc, pour les études à suivre, nous avons choisi les tissus présentant de vastes différences dans les pourcentages d'incorporation : ceux des feuilles pétiolées et des racines.

Dans nos expériences d'alimentation, les feuilles marquées ont été récoltées à intervalles de 0,5, 4 et 24 heures et disséquées en pétioles, nervures médianes et limbes. Chaque tissu a été analysé pour sa teneur en linamarine [^{14}C] (Tableau 3). Les analyses de durée ont révélé que tous les tissus du système foliaire incorporent la valine [^{14}C] dans la linamarine [^{14}C], bien que cette incorporation soit très faible pour les limbes. Pour les pétioles, le degré d'incorporation a été élevé (35 à 57 %) et n'est comparable qu'au 48 % d'incorporation de la valine [^{14}C] dans la linamarine par *Linum usitatissimum*. Pour les nervures médianes, environ 24 % de ^{14}C a été incorporé à la linamarine après 24 heures, pourcentage inférieur à celui des pétioles mais beaucoup plus élevé que le 2 % atteint par les limbes. Pour ces derniers, la très faible absorption par les tissus pourrait s'expliquer par le pouvoir biosynthétique très réduit des tissus mésophylliens ou par la transformation d'une grande partie du précurseur en d'autres substances avant qu'il n'atteigne ces tissus. Cependant, on a observé des valeurs de synthétisation aussi faibles lorsqu'on a vaporisé uniformément le limbe avec 2-hydroxy [^{14}] isobutyronitrile.

La linamarine endogène des limbes était de 11 à 17 mmol/g et celle des nervures médianes de 31 à 33 mmol/g, poids frais. Ces valeurs sont plus élevées que pour les pétioles (6 à 8 mmol/g). Ainsi donc, il ne semble pas y avoir de rapport simple entre les teneurs en linamarine et l'activité biosynthétique. Des caractères physiologiques internes des tissus foliaires peuvent intervenir comme facteur contributif. L'aptitude de chaque tissu à emmagasiner la

Tableau 2. Incorporation de la valine à la linamarine dans les tissus du manioc.

Section de la plante	L-[U-^{14}C] valine		[^{14}C] linamarine		% ^{14}C incorporé
	μmol	AS[b]	μCi[a]	AS[b]	
Apex des pousses	1,0	993	0,160	4,3	16,1
Feuilles du haut	2,0	496	0,088	2,5	8,9
Feuilles du bas	2,0	496	0,067	2,4	6,8
Pétioles, feuilles du haut	3,0	333	0,623	97,3	62,3
Pétioles, feuilles du bas	3,0	333	0,487	55,3	48,7
Tiges supérieures	1,0	993	0,137	4,4	13,1
Tiges inférieures	1,0	993	0,009	0,4	0,9
Racines primaires	1,0	2000	0,040	71,4	2,4
Racines tubéreuses (avec écorces)	3,0	333	0,063	1,1	6,3

a) Rectifié en fonction d'une perte présumée de ^{14}COOH de L-[^{14}C] valine.
b) AS = Activité spécifique (μCi/mmol).

Tableau 3. Incorporation de la valine [^{14}C] dans la linamarine par les tissus des feuilles.

Section des feuilles	Durée du métabolisme (h)	[^{14}C] linamarine		
		µmol/g	AS[a]	% ^{14}C dans la section
Pétiole basal	0.5	8.65	3.1	4.4
Pétiole distal	0.5	14.00	0.9	4.8
Nervure médiane	0.5	33.00	0.2	2.0
Limbe	0.5	15.20	0.2	0.8
Pétiole basal	4.0	6.8	12.5	34.9
Pétiole distal	4.0	6.9	18.7	57.1
Nervure médiane	4.0	31.1	0.8	12.3
Limbe	4.0	14.0	0.6	1.8
Pétiole basal	24.0	7.6	16.6	41.6
Pétiole distal	24.0	8.2	7.9	21.9
Nervure médiane	24.0	32.8	1.2	20.2
Limbe	24.0	17.0	0.7	2.1

a) AS = Activité spécifique (µCi/mmol).

linamarine endogène synthétisée est peut-être supérieure dans le limbe et la nervure médiane à ce qu'elle est dans le pétiole.

Biosynthèse par les tissus raciniens

Les valeurs maximales d'incorporation de la valine [^{14}C] dans la linamarine tant par le coeur des racines que par leurs écorces ont été faibles. Les coeurs en ont incorporé environ 0,1 %, les écorces à peu près 1 à 2 %. Malgré ces faibles valeurs, le taux de linamarine endogène des écorces a été presque aussi élevé que celui des feuilles. Il se peut que l'écorce, tout comme les limbes, accumule une bonne partie de la linamarine qu'elle synthétise. Néanmoins, la linamarine des racines peut provenir dans une large mesure des organes aériens de la plante, comme l'indiquent les expériences de translocation.

Translocation de la linamarine dans le manioc

On a à peine exploré le sujet de la translocation de la linamarine dans le manioc. De Bruijn a expérimenté avec des incisions annulaires de tiges et rapporté une accumulation de glucosides cyanogénétiques au-dessus du point d'incision. Nous avons donc exploré la possibilité que la translocation de linamarine contribue à la linamarine endogène présente dans les racines. On a synthétisé in situ de la linamarine spécifiquement marquée dans le système foliaire. L'aptitude des feuilles de manioc à synthétiser la linamarine à partir de précurseurs volatils nous a permis de vaporiser 2-hydroxy[1-^{14}C] isobutyronitrile directement sur une feuille intacte encore fixée au plant. Nous avons pu suivre ainsi la disparition de la linamarine marquée de la feuille réceptrice et son apparition dans d'autres tissus, avec le minimum de dérangement pour la plante.

On a suivi la durée du parcours de la linamarine [^{14}C] dans les feuilles en place sur divers plants par l'analyse discale qui nous a fourni une indication générale sur la disparition de la linamarine des feuilles. L'analyse préliminaire de son cours dans des feuilles détachées et attachées a révélé que la décomposition de la linamarine, à elle seule, ne rend pas compte de l'importance de sa diminution dans les feuilles intactes.

L'étude de la durée de parcours indique un déplacement considérable de linamarine [^{14}C] de la feuille immédiatement après la synthèse et jusqu'à 69 h après. Ensuite l'activité s'est maintenue à peu près constante. Cette tendance a été constatée dans le cas des feuilles vertes du haut et du bas, complètement étalées. Les mêmes tendances biophasiques de translocation ont également été rapportées à propos des photoassimilats [^{14}C] dans le blé, les betteraves à sucre et le soja.

Les taux de translocation de la linamarine [^{14}C] des feuilles ont, cependant, varié entre les feuilles de plantes tubéreuses et non tubéreuses et aussi d'après l'âge ou la position de la feuille sur le plant. Pour les plantes non tubéreuses, la rapidité proportionnelle avec laquelle les feuilles inférieures ont perdu leur linamarine (temps nécessaire à l'activité pour descendre à la moitié de son importance initiale) a été deux fois plus élevée que pour les feuilles supérieures.

La tendance cinétique générale permet de croire qu'une partie de la linamarine synthétisée dans la feuille est transférée à une réserve fixe (après 96 h) d'où sa translocation ne peut s'effectuer que très lentement. Cette réserve fixe pourrait se situer dans les vacuoles cellulaires des tissus mésophylliens de la feuille. Saunders et alii ont démontré que jusqu'à 90 % de la dhurrine synthétisée dans les plantons de *Sorghum bicolor* se trouvaient dans les vacuoles cellulaires. Cette même accumulation explique pro-

bablement la phase lente, tandis que la phase initiale rapide peut être attribuable à la rapidité des pertes provenant d'une réserve plus accessible dans les cellules végétales.

Une constatation intéressante de l'étude de la durée a été la proportion de linamarine [^{14}C] transférée des limbes des feuilles de plantes non tubéreuses immatures, apparemment plus élevée que celle transférée des feuilles de plantes tubéreuses. Il semble que l'existence de racines tubéreuses, censées constituer un véritable « dépôt », n'augmente pas la proportion de linamarine transférée des feuilles individuelles.

La translocation de linamarine [^{14}C] fraîchement synthétisée s'est poursuivie dans les feuilles vertes normales, alors que les quantités de linamarine endogène restaient à peu près invariables. Cette constatation pourrait être interprétée comme l'indice d'une situation constante entre la synthèse et la translocation dans les tissus foliaires. En contraste avec ce qui se produit dans les feuilles non vieillissantes, les limbes de feuilles âgées ont subi une perte continue de linamarine [^{14}C], aussi bien endogène que fraîchement synthétisée, au même taux initial. Des pertes similaires de photoassimilats [^{14}C] ont été rapportées pour les feuilles vieillissantes de *Beta vulgaris*.

Les plants mûrs et immatures de manioc, dont les feuilles non détachées avaient été sélectivement marquées avec la linamarine [^{14}C], ont été récoltés après 7 jours, divisés en diverses sections, soumis à l'extraction et analysés pour en évaluer la linamarine [^{14}C] et la linamarine endogène. Par suite de phénomènes de transubstantiation, la linamarine [^{14}C] récupérée n'a pas permis d'évaluer quantitativement la linamarine totale transférée de la feuille-source, mais a indiqué la tendance générale du rapport source à « dépôt » existant entre les feuilles et les autres organes et tissus.

Les feuilles vertes mûres ont conservé environ 80 % de la linamarine [^{14}C] totale récupérée de la plante entière. Il n'y a guère eu de différence dans les quantités récupérées des feuilles supérieures et inférieures, ou des feuilles de plantes tubéreuses et non tubéreuses (Tableau 4). En contraste très net avec ce degré élevé de rétention les feuilles-sources vieillissantes n'ont retenu que 0,5 % de la linamarine [^{14}C] initiale. En mesurant le contenu total de linamarine des feuilles non détachées et détachées, nous avons démontré que la perte de linamarine durant le vieillissement était attribuable à la fois à sa transubstantiation et à sa translocation.

Dans les jeunes plants non tubéreux, les feuilles situées au-dessus des feuilles-sources contenaient une proportion importante (14 à 16 %) de la linamarine transférée et récupérée ensuite. Ainsi, ces jeunes plants non tubéreux sont donc le siège d'une translocation dirigée principalement vers le haut, des feuilles plus âgées vers les feuilles et les sommités de pousses plus jeunes. Toutefois, dans les plantes tubéreuses, la répartition de la linamarine de translocation semble orientée vers les parties basales. Après 7 jours de translocation, les plantes tubéreuses ont fourni des quantités plus élevées de linamarine [^{14}C] récupérée du bas des tiges et des racines que des autres organes de la plante. La translocation à partir d'une feuille sénescente vers le système radiculaire a été plus considérable que celle provenant d'une feuille non sénescente. Ainsi donc bien que l'existence de racines tubéreuses chez le manioc n'augmente pas le taux de translocation de la linamarine [^{14}C] des feuilles individuelles, elle en influence la répartition générale de la part transférée.

Tableau 4. Répartition (% de la linamarine [^{14}C] initiale synthétisée dans la feuille-source) de la linamarine déplacée dans les plants de manioc.

Organes des plants	Plants non tubéreux		Plants tubéreux	
	Feuille du haut	Feuille du bas	Feuille fraîche	Feuille vieillissante
Tubercules	–	–	2,4	6,0
Racines primaires	0,1	0,2	0,7	0,4
Tiges inférieures	0,2	0,3	2,2	5,3
Tiges supérieures	0,3	0,2	0,7	0,5
Feuilles du haut	0,3	0,3	0,7	4,9
Feuilles du bas	ND[a]	ND[a]	0,7	0,5
Pétiole, feuille-source	1,0	0,7	0,2	0,5
% [^{14}C] linamarine récupérée de la feuille-source	14,1	13,8	24,5	0,5
	16,0	15,5	31,4	18,1

a) ND = Non détectible.

Dans des expériences de translocation utilisant $CO_2[^{14}C]$ pour marquer les photoassimilats dans les plants tubéreux de manioc, Hume (1975) a rapporté avoir récupéré des racines, après 7 jours de translocation, 4,4 % des photoassimilats $[^{14}C]$ initiaux, et 38 % dans les feuilles marquées. Même en tenant compte des différences culturales et variétales des plants de manioc impliqués dans cette expérience et dans celles de Hume, les valeurs ne sont pas très différentes dans les deux cas. Cette constatation laisse croire que la translocation de la linamarine et des produits de l'assimilation du CO_2, dans le manioc, se poursuit simultanément à partir des feuilles vers les racines.

ÉVAPORATION DE L'ACIDE CYANHYDRIQUE ET DE SES DÉRIVÉS PENDANT LE SÉCHAGE DU MANIOC AU SOLEIL

EMMANUEL N. MADUAGWU ET ADEREMI F. ADEWALE

DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE, UNIVERSITÉ D'IBADAN, IBADAN (NIGÉRIA)

Étude sur l'évaporation de l'acide cyanhydrique (HCN) et de ses dérivés dans des tranches de manioc doux et amer placées dans des sacs polythène transparents et noirs pour les faire sécher au soleil. Dans chaque essai, presque tout le contenu d'HCN a progressivement disparu au cours des huit premières heures, de façon progressive mais avec des temps morts, soit de 46 à 58 % et de 69 à 74 % chez les variétés amères et d'environ 74 % chez le manioc doux. Après 16 heures, la différence entre le pourcentage de réduction d'HCN des tubercules mis dans les sacs noirs et transparents était minime et semblable dans chaque cas, ce qui permet de suggérer l'action hydrolithique optimale de la linamarase β-glucosidase. En général, la perte d'HCN au cours des deux premières périodes de 8 heures de séchage au soleil était plus faible chez le manioc doux que chez le manioc amer (33-37 %), probablement parce que le premier en contient plus que le second. Les résultats des études permettent d'avancer que les sacs noirs sont plus performants. L'exposé des travaux porte sur le séchage au soleil des racines de manioc, par radiation directe ou convexion dans un sac noir, spécialement dans des conditions d'ennuagement, de basses températures et de forte humidité.

The disappearance of cyanide (CN) and its derivatives from cassava slices, obtained from both "sweet" and "bitter" roots, during sun drying in black and colourless polythene bags, respectively, was studied. In all the experiments, CN was lost progressively with time, most of it within the first 8 h, during which time 46–58 % free and 69–74 % bound CN disappeared from the "bitter" variety and about 74 % of bound CN disappeared from the "sweet" cultivar. The differential losses of bound CN between cultivars in both black and colourless containers, after the initial 16 h, were minimal (1–8 %) and comparable in all cases suggesting optimal hydrolytic activity of the β-glucosidase, linamarase. In general, loss of free CN from sweet root slices within each of the initial two 8-h periods of sun drying was much lower (33–37 %) than for the bitter variety, presumably as a result of the formation of more cyanohydrins in the sweet cultivar. Our results suggest that a more rapid loss of free CN occurs during sun drying of cassava in black containers. Our findings are discussed in relation to sun drying of cassava roots by direct solar radiation or by black body radiation of solar energy, particularly during atmospheric conditions of high humidity, low temperature, and cloudiness.

Les racines de manioc constituent l'un des principaux aliments de base sous les tropiques. Elles contiennent cependant des glucosides cyanogénétiques, linamarine et lotaustraline, qui produisent de l'acide cyanhydrique (HCN) au contact de la linamarase, une enzyme endogène. La réaction s'amorce dès que l'on broie la racine ou que ses tissus cellulaires sont meurtris de quelque autre façon (Coon 1973).

La présence de ces glucosides limite donc la consommation du manioc par les humains et par les animaux, et les racines doivent subir certains traitements (Coursey 1973) qui en réduiront la toxicité et en amélioreront la sapidité. Les procédés traditionnels comprennent le séchage, le trempage, le bouillage et la fermentation des racines entières ou découpées. Tous ont pour effet d'abaisser les teneurs en cyanure du produit.

Au Nigéria, l'un des traitements traditionnels consiste à faire sécher le manioc (en tranches, en farine ou en cossettes) au soleil, en l'étendant sur des nattes, une surface bétonnée ou même sur des tronçons de routes inutilisées, et en le retournant de temps à autre. La quantité de cyanure ainsi éliminée du produit dépend de certains facteurs comme la grosseur et la forme des fragments (Thanh et Lohani, 1978), de l'humidité relative et de la température de l'air et de la vélocité du vent (Rao et Cock, 1973) qui affectent tous la durée du séchage.

Dans notre recherche, nous avons étudié l'élimination de l'acide cyanhydrique et de ses dérivés à l'aide de tranches de racines de variétés « douces » et « amères » séchées au soleil dans des sacs noirs et incolores. Le cyanure du manioc se présente sous forme de glucosides cyanogénétiques (cyanure captif), d'acide cyanhydrique (cyanure

libre) et d'acetone cyanhydrine (Conn 1969), ce dernier à l'état instable. Nous avons étudié les effets différents du séchage au soleil sur le cyanure total et les cyanures captif et libre, à l'aide de la méthode d'analyse de sensitivité de Cooke (1978).

Matériels et méthodes

Les racines utilisées nous ont été fournies par les responsables du Programme d'amélioration des plantes-racines et tubercules de l'Institut internatio-

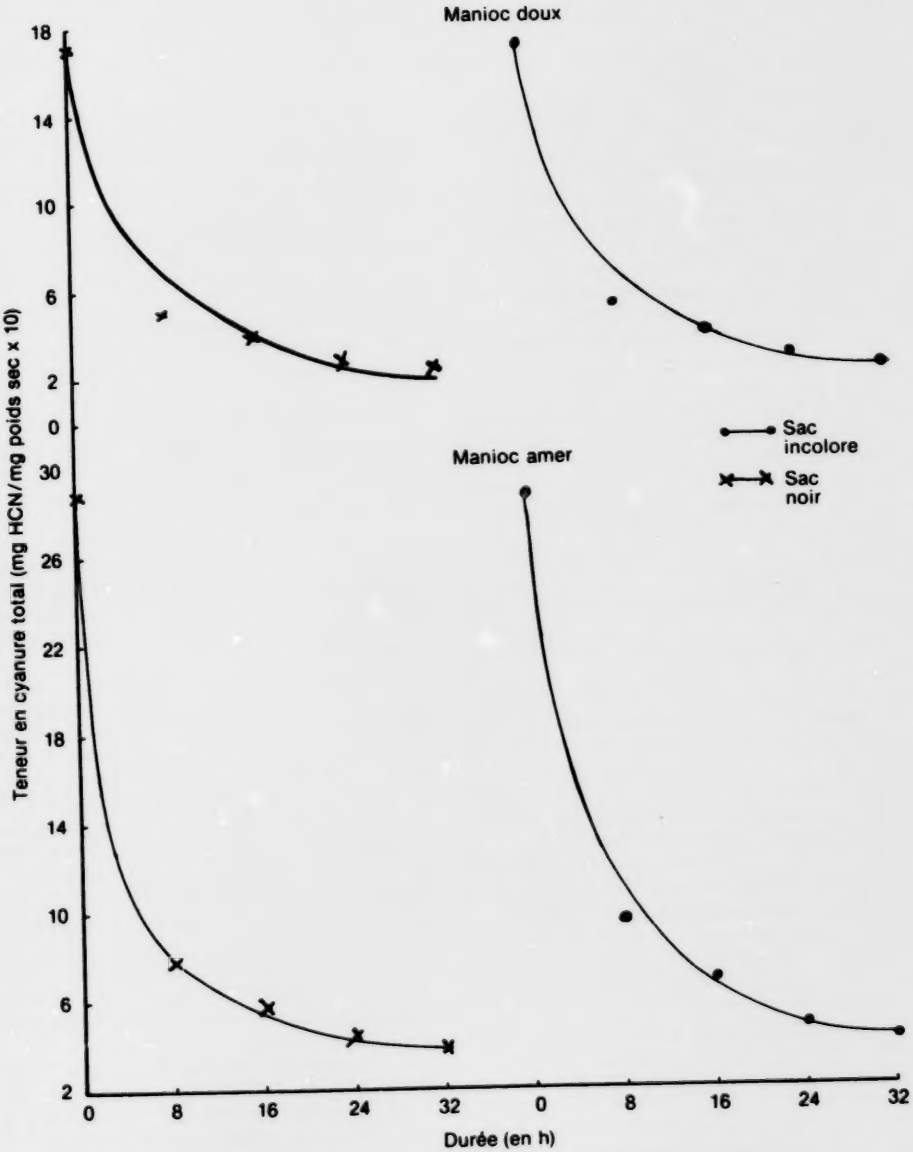


Fig. 1. *Évaporation de l'acide cyanhydrique des racines de manioc par séchage au soleil.*

Tableau 1. Évaporation différentielle (%) du cyanure du manioc séché au soleil en sacs de plastique noirs et incolores.

Variétés de manioc	CN	Polythène noir					Polythène incolore				
		0 h	8 h	16 h	24 h	32 h	0 h	8 h	16 h	24 h	32 h
Amère	Libre	0	58	76	80	86	0	46	73	79	85
	Captive	0	74	81	85	87	0	69	77	84	85
Douce	Libre	0	37	69	84	85	0	33	68	83	82
	Captive	0	74	78	84	86	0	73	77	82	85

nal d'agriculture tropicale. Elles ont été pelées à la main moins d'une heure après la récolte et coupées en tranches (35 ± 14 mm × 6,9 ± 1,2 mm × 5,8 ± 1,3 mm) à l'aide d'un coupe-légumes combiné de 23 cm. Des lots de chaque variété de manioc ont été bien mélangés et tamisés de façon à enlever tous les fragments de cossettes.

Des échantillons des tranches, pris au hasard, ont été immédiatement homogénéisés dans de l'acide orthophosphorique et l'on a établi le contenu en cyanure des aliquotes. D'autres ont été placés dans des sacs de polythène noirs et incolores et exposés au soleil chaque jour, de 10 h à 18 h. Les sacs de polythène étaient percés de petits trous et leur extrémité ouverte soigneusement ficelée. Des prélèvements ont été effectués après 8, 16, 24 et 32 heures de séchage au soleil pour vérifier le contenu en cyanure, et les matières ayant servi aux expériences ont été gardées au réfrigérateur à 4 °C après le séchage.

Résultats et discussion

Les résultats obtenus indiquent une baisse progressive (Fig. 1) de la teneur en cyanure total des cossettes de manioc pendant la période de séchage. La moyenne totale des teneurs en cyanure, libre et captif, des tranches de manioc non traitées était respectivement de 287,21, 26,77 et 260,44 mg CN/kg en poids sec pour la variété amère et de 170,99, 15,29 et 15,70 mg CN/kg en poids sec pour la variété douce. Le taux d'évaporation pendant les 8 premières heures a été plus élevé pour le cyanure captif que pour le cyanure libre (Tableau 1), sans doute par suite d'une hydrolyse autolytique optimale des glucosides cyanogénétiques durant cette période. Cette opinion est confirmée par les pertes différentielles minimales par évaporation (1 à 8 %) du cyanure captif constatées entre les cultivars placés en sacs noirs ou incolores, après cette période de pointe.

Cependant l'évaporation du cyanure libre a été plus graduelle et, en particulier, a été très lente pour les tranches de racines du cultivar de manioc doux. Cette différence variétale peut être en rapport avec l'élaboration de compléments cyanurés plus nombreux dans la variété douce. Ces compléments seraient, présumément, instables et ne libéreraient HCN que peu à peu. Ketiku et Oyenuga (1970), notamment, ont rapporté la formation de cyanhydrines à partir d'une combinaison de sucres simples, y compris des hexoses, et de cyanure à l'état libre dans du manioc fraîchement râpé.

En règle générale, la perte constatée de cyanure libre a été plus rapide pour les tranches de manioc exposées au soleil dans les sacs noirs (Tableau 1). On s'attendait à ce qu'il en soit ainsi, les objets noirs (contrairement à ceux d'autres couleurs) absorbant les radiations solaires directes et conservant une température plus élevée.

L'intensité et la valeur de radiation d'un corps noir durant et après le séchage au soleil sont fonction de la température (Starling et Woodall 1963). Le séchage sur, ou dans un corps noir, a donc un avantage sur l'exposition directe au soleil sans ce support du fait qu'il accroît l'effet de la radiation dans des conditions de forte humidité et de basse température atmosphériques, et d'ennuagement, et aussi parce que le noir conserve plus longtemps la chaleur après le coucher du soleil que les corps de toute autre couleur.

RÔLE DE L'HUILE DE PALME DANS LES ALIMENTS À BASE DE MANIOC

RUBY T. FOMUNYAM, A.A. ADEGBOLA ET O.L. OKE

DÉPARTEMENT DE ZOOTECHNIE ET DÉPARTEMENT DE CHIMIE, UNIVERSITÉ D'IFE, ILE IFE (NIGÉRIA)

L'huile de palme retarde la décomposition des produits intermédiaires de la linamarine (hétéroside cyanogénétique) et d'amygdaline (acide mandélique) ; par conséquent, en ajoutant de l'huile de palme à une ration animale à base de manioc, on retarde la décomposition de la linamarine et partant, on peut en prévenir l'absorption. Un agent de base tel le pH 8–9 accélère la dissolution de ces composés.

Palm oil retards the decomposition of the intermediate products of linamarin (acetone cyanohydrin) and amygdalin (mandelonitrile) ; thus, in animals fed cassava-based diets supplemented with palm oil, the delay in decomposition may prevent absorption of the linamarin. A basic medium (pH 8–9) accelerates the breakdown of these compounds.

Le manioc constitue une source bon marché de calories aisément digestibles pour les humains et pour les animaux domestiques. Toutefois l'alimentation prolongée des animaux à la farine de manioc diminue leur appétit à son égard, et réduit proportionnellement leur développement. (Oyenuga, 1961 ; Enriquez et Ross, 1969 ; Pido et Adeyanju, 1978). Parmi les explications proposées à cette réaction, on cite la présence de glucosides cyanogénétiques : linamarine et lotaustraline qui libère, par hydrolyse, de l'acide cyanhydrique, poison mortel. La détoxication de l'acide cyanhydrique par l'enzyme rhodanase libère du thiocyanate, un goitrogène (Oke, 1978). D'autres problèmes d'ordre nutritif, tels que la complexification de la lysine par les aldéhydes des hydrates de carbone du manioc, surtout à l'état chaud, et les faibles teneurs en protéine, vitamines et sels minéraux de la farine de manioc en limitent également l'usage dans l'alimentation des animaux domestiques (Oke, 1978, Hutagalung, 1977). On recourt à divers procédés dans le traitement des racines de manioc pour réduire la proportion de composés toxiques de la farine ; notons entre autres le broyage, la friture, la fermentation, le bouillage, le séchage au soleil et le trempage. Même alors, la farine n'est pas épurée de tous ses composés toxiques. Carmody (1900) a observé que des extractions successives à l'eau enlèvent de nouvelles quantités d'acide cyanhydrique des racines de manioc. Joachim et Panditesekere (1944) ont constaté que la quantité d'acide cyanhydrique libérée par autolyse augmentait très rapidement en prolongeant la durée de cette dernière jusqu'à 24 heures. Même une fois l'autolyse virtuellement terminée, il était possible de libérer un supplément d'acide cyanhydrique par hydrolise. Cooke et Maduagwu (1978) ont démontré que le cyanure libre s'extrayait rapidement des cossettes de manioc et plus facilement que le cyanure captif. Ils ont observé qu'un tiers seulement de ce dernier est enlevé par autolyse à 46,5 °C. Hill (1977) a indiqué que des doses de 50 mg de linamarine injectées par tube stomacal à des rats tuaient ceux-ci dans les 4 heures suivantes et provoquaient chez eux des électrocardiogrammes identiques à ceux des empoisonnements par le cyanure.

Hawksworth, Drasar et Hill (1971) ont observé que l'*Escherichia coli* produit des β-glucuronidases et des β-galactosidases ; et que des anaérobies non sporifères produisent en petites quantités ces divers enzymes, à l'exception des β-glucuronidases. Ces enzymes pourraient hydroliser la linamarine, la lotaustraline et les glucuronides.

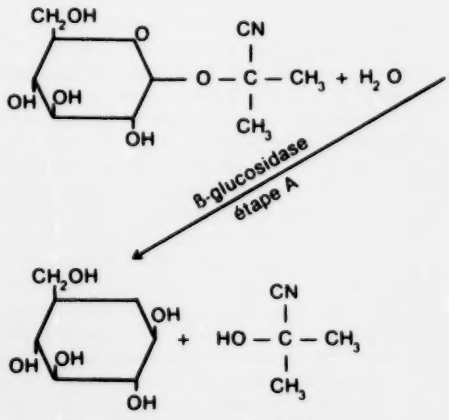
Le soufre et les matières grasses améliorent l'utilisation de la farine de manioc par les animaux. Les lipides, notamment, ont été reconnus comme influençant l'ingestion des aliments, quelle que soit leur densité (Carew et alii, 1963). Hutagalung et Chang (1977) ont signalé que des porcs nourris à un régime à base de manioc en profitaient mieux lorsqu'on ajoutait à celui-ci 5 à 10 % d'huile de palme, que des porcs témoins ou d'autres dont le régime contenait un supplément de graisse animale ou de suif. Les mêmes scientifiques ont constaté également que l'huile de palme était plus digestible que les graisses d'origine animale. Hew (1977) déclarait

qu'un supplément de 8 % d'huile de palme dans les rations à base de manioc assurait une croissance plus rapide et qu'au-delà de cette proportion, le progrès se stabilisait. D'autres observateurs, dans ce même domaine, ont rapporté des gains de poids avec des rations à base de manioc auxquelles on avait ajouté des matières grasses et de la méthionine (0,2 %) (Ross et Enriquez, 1967 ; Hew et Hutagalung, 1972 ; Maner, 1974). Devendra et Hew (1977) ont servi à des porcs jusqu'à 30 % d'huile de palme comme supplément à des rations contenant 10 à 24 % de manioc, sans remarquer aucun effet. Ces constatations ont incité l'Université d'Ife à étudier le rôle de l'huile de palme dans l'amélioration des rations à base de manioc.

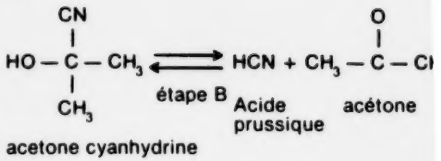
Les produits intermédiaires de la linamarine et de l'amygdaline (respectivement, cyanhydrine et mandelonitrile) ont été synthétisés selon la méthode de Vogel (1978). Les taux de décomposition de 0,2 µl aliquotes dans un tampon de phosphate (0,05 M) à différents niveaux de pH ont été explorés. L'expérience a été renouvelée avec l'huile de palme servant de milieu de culture. Le taux d'hydrolise du mandelonitrile a été nettement réduit dans l'huile de palme, comparativement au milieu aqueux ; le taux d'hydrolise de l'acetone cyanhydrine a été variable. Nous avons mesuré le taux d'hydrolise en terme d'acide cyanhydrique libéré à 30 °C, d'après le procédé de récupération modifié de Gilchrist (1967).

En suivant cette méthode, nous avons essayé de découvrir l'effet éventuel de l'huile de palme sur les décompositions indiquées dans les équations suivantes :

(1)

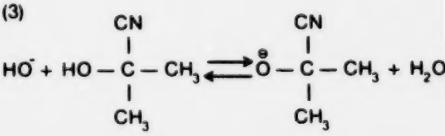


(2)

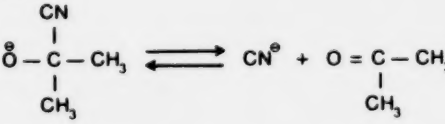


Nos premiers résultats ont indiqué que l'huile de palme ralentit la décomposition de l'acetone cyanhydrine, ce qui était prévisible, puisque la cyanhydrine se décompose en milieux basiques ; par exemple.

(3)



(4)



(5)

Nous essayons actuellement d'évaluer les effets de l'huile de palme sur la décomposition de la linamarine. Il se peut que, durant la digestion, l'huile de palme empêche l'absorption, et affecte l'excrétion subséquente de la linamarine ; toutefois, Hill (1967) n'a pas trouvé de linamarine dans les fèces de rats ayant absorbé de la linamarine par l'estomac. Il suggère que la linamarine a été ou bien absorbée intacte et excrétée dans l'urine, ou bien modifiée par un métabolite non encore identifié et excrété ensuite dans les fèces. Une autre possibilité serait que l'huile de palme ou une de ses composantes modifie le système enzymatique qui hydrolise et métabolise la linamarine, très probablement, par l'intermédiaire de glucuronides.

COMPARAISON DE LA PULPE DE MANIOC COMPRIMÉE ET NON COMPRIMÉE POUR LA PRÉPARATION DU GARI

M.A.N. EJIOFOR ET N. OKAFOR

DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE, INSTITUT DE RECHERCHE POUR LES PLANTES-RACINES, UMUDIKE (NIGÉRIA), ET DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE, UNIVERSITÉ DU NIGÉRIA, NSUKKA (NIGÉRIA)

Analyse de la pulpe en fermentation, humide ou sèche, comprimée et non comprimée, de racines de manioc âgées d'un an de la variété Otupam afin de comparer la microflore et la teneur en cyanure. Les types microbiens sont semblables dans chaque cas mais la microflore est plus populeuse dans la pulpe comprimée (sèche) que dans l'autre. Tous les microorganismes se sont multipliés aussi bien en aérobiose qu'en anaérobiose. La pulpe non comprimée contenait davantage de cyanure d'hydrogène, que la pulpe non comprimée où une partie du cyanure a probablement été entraînée dans le liquide lors de l'opération ; et presque tout le restant soumis à l'hydrolyse, libéré au cours de la fermentation par la linamarase, enzyme endogène. L'extraction de l'eau semble être un moyen efficace de réduire le taux de HCN contenu dans la pulpe. Cette opération favorise également la multiplication des microorganismes.

We studied pressed and unpressed (dewatered and undewatered) fermenting pulp of 1-year-old cassava (variety Otupam) to compare their microflora and cyanide content. Although the microbial types isolated were the same, the populations of individual microflora were higher in the pressed (dewatered) pulp than in the unpressed. All the microorganisms grew well in both aerobic and anaerobic conditions. Hydrogen cyanide occurred more in the unpressed pulp, and some of the cyanide in pressed pulp was probably removed along with the expressed juice. Much of the remaining cyanide was probably released on hydrolysis by the endogenous enzyme linamarase during the fermentation of the pulp. Dewatering seems to be an effective way to reduce HCN levels in the pulp. It also seems to encourage the growth of microorganisms in larger numbers.

Les racines de manioc, après préparation, constituent une ressource alimentaire importante pour 200 à 300 millions de personnes vivant en Afrique, en Asie, dans les Indes occidentales et en Amérique du sud. Elles sont aussi une source considérable de calories (Coursey, 1973 ; Miller et alii, 1975 ; Cooke, 1978 ; Cooke et alii, 1978). Le manioc, plante-racine féculente, occupe le septième rang parmi les aliments de base produits dans le monde entier (Montaldo, 1977).

Le manioc est, cependant, cyanophore et ses tissus libèrent de l'acide cyanhydrique lorsqu'on les broie ou les mutile. Malgré son importance, il n'est donc consommable qu'après plusieurs traitements (Coursey, 1973). Il contient des glucosides cyanogénétiques, linamarine et lotausraline. On a mentionné pour le manioc frais des teneurs normales de 15 à 400 ppm en acide cyanhydrique (Khajarern et alii, 1977), les variations étant dues souvent à la volatilité et au caractère hautement réactif du composé (Bissett et alii, 1969).

L'utilisation prolongée de produits du manioc mal préparés dans les régimes alimentaires est la cause de nombreux cas de goitre, de neuropathie ataxique tropicale, de crétinisme et de carences de soufre, amino-acides et vitamine B_{12} chez les consommateurs (Nartey 1978). On utilise plusieurs procédés traditionnels pour transformer les racines et une nourriture relativement sûre et en améliorer la sapidité.

Collard et Levi (1959) ont isolé, dans la pulpe de manioc fermentant pour la préparation de gari, sp. *Corynebacterium* qui est censé dédoubler finalement l'amidon en sucre. Ils ont ajouté que le processus créait un milieu favorable au développement de la moisissure *Geotrichum candidum*.

Ils ont également attribué ce qu'ils ont décrit comme la désagrégation spontanée des glucosides cyanogénétiques à l'acidité produite par l'activité de sp. *Corynebacterium*, qui donnerait lieu à la prétendue fermentation en deux phases de la pulpe de gari. Les constatations de ces deux chercheurs ont été mises en doute par Okafor qui, en 1977, a isolé les espèces *Leuconostoc*, *Alcaligenes*, *Lactobacillus* et *Candida* dans la pulpe en fermentation. Collard et Levi n'ont pas mentionné le développement de bactéries de l'acide lactique parce que, selon Okafor (1977) ils ont utilisé comme seul milieu de culture de

l'agar, alors que lui-même s'était servi d'un extrait de levure de glucose.

Okafor allègue que la présence d'une certaine quantité de sucre libre dans la racine du manioc, comme l'ont signalé Ketiku et Oyenuga (1970), suscite l'apparition de nombreuses bactéries de l'acide lactique, qui l'utilisent. On estime que les différences relevées dans les constatations de Collard et Levi provenaient de ce qu'ils travaillaient sur de la pulpe non comprimée, et aussi de la variété et de l'origine du manioc.

Nous avons entrepris notre étude afin d'explorer comparativement la microflore qui intervient dans la fermentation de la pulpe de manioc, comprimée et non comprimée, utilisée dans la préparation du gari. Nous avons également étudié les modifications du contenu en cyanure de la pulpe avec l'allongement de la période de fermentation.

Matériels et méthodes

Des racines fraîches de manioc de 1 an, variété Otupam, ont été lavées et pelées. Le cylindre restant après l'écorçage a été lavé à nouveau et râpé à la main ; 5 kg de la pulpe ont été placés dans un sac de toile blanche stérilisée, sur lequel on a déposé un poids de 8 kg reposant sur une plaque de verre stérilisée. On a aussi placé un autre lot de 5 kg de pulpe dans un grand becher en verre.

Pour établir la population microbienne dans la pulpe, nous nous sommes servis de la méthode de Miles et Misra, telle que décrite par Collins et Lyne (1976). Subséquemment, nous avons préparé des dilutions au décuple de la pulpe en suspension et, avec une pipette de Pasteur, avons placé 0,025 ml des dilutions sur huit plaques préalablement séchées d'agar d'extrait de levure glucosique (ALG) (Okafor, 1966a). Les plaques ont été laissées à elles-mêmes pour sécher. La moitié a été incubée en aérobiose à 28 °C et le reste placé dans une atmosphère anaérobie d'hydrogène, dans un bocal fermé également à 28 °C. Les plaques ont été examinées toutes les 24 heures, jusqu'à 120 heures.

La couleur, les dimensions, la forme, la texture, la surface, l'élévation et la marge des colonies formées sur les plaques, ainsi que le nombre des types morphologiques ont été enregistrés. D'après leur morphologie brute les colonies ont été groupées en A, B, C, D, ou E. Les isolats ont été purifiés et conservés à 4 °C sur ALG marqué.

D'autres tests de caractérisation ont été effectués de la manière exposée par Cowan et Steel (1970), Collins et Lyne (1976) et Skerman (1967). On a ensuite fait l'identification des cultures d'après le Manuel de bactériologie définie de Bergey (1974).

Les colonies fongiques ont été purifiées sur ALG, transférées sur agar de farine de maïs et examinées après 48 h de développement à 28 °C. Elles ont été identifiées d'après le Guide d'identification de Larone (1976).

Pour établir le contenu en cyanure de la pulpe, nous avons recouru à la méthode de Burns et alii (1970).

Nous avons homogénéisé 500 g d'écorce fraîche, congelée, de manioc avec 1 000 ml de tampon d'acétate 0,1 M à 2 °C, dans un mélangeur Waring. Le produit homogénéisé a été filtré avec une pompe à vide à travers du Kieselgurgh, dans un flacon enveloppé de blocs de glace. Le filtrat a été centrifugé à 500 tr/mn durant 30 minutes, à 20 °C. La partie surnageante a été conservée dans un congélateur à 2 °C comme enzyme brute, et le dépôt a été jeté.

Nous avons placé 10 g de la pulpe fraîche dans un ballon de Kjeldahl de 500 ml en y ajoutant 100 ml d'eau distillée et, ensuite, 10 ml de l'enzyme brute. Le mélange, après avoir été bien agité, a été laissé en incubation pendant 1 heure. La distillation s'est effectuée dans un flacon volumétrique de 300 ml contenant 50 ml d'hydroxyde de potassium à 2 %. On l'a laissée se poursuivre lentement, avec les extrémités des tubes de condensation immergées dans le KOH et on a recueilli 200 ml du distillat dans un flacon volumétrique de 300 ml.

Après cela, on a transféré à la pipette 10 ml d'acide picrique alcalin 0,03 N dans des flacons volumétriques de 50 ml contenant 20 ml de distillat. Ces flacons ont été immédiatement placés dans un bain d'eau à réglage thermostatique pour une incubation de 5 minutes à 94 °C environ. Les flacons ont ensuite été ramenés à la température ambiante et on a relevé la densité optique de la couleur à l'aide du spectrophotomètre réglé à 500 nm.

Nous avons calculé la concentration de HCN par le procédé de Burns et alii (1970), en mélangeant 10 g de pulpe et 10 ml d'eau distillée (pH 7), en prenant note du pH de la pulpe à l'aide d'un appareil à mesurer 290 MK2. La pulpe a été autoclavée jusqu'à un poids constant, à la température de 105 °C, pour le calcul du poids à l'état sec.

Résultats

La microflore isolée a été catégorisée en A, B, C, D et E. Les propriétés des bactéries (A, B, C) les ont fait identifier comme étant sp. *Leuconostoc*, *Lactobacillus* et *Bacillus*. Les fongus ont également été décrits et identifiés comme sp. *Candida* et *Geotrichum*. *Candida* a produit, spécifiquement, des blastospores allongées caractéristiques sur pseudohyphes, en culture sur agar de farine de maïs, tandis que sp. *Geotrichum* produisait de nombreuses ar-

throspores de grosseurs diverses à extrémités arrondies.

On a isolé les mêmes microorganismes de la pulpe fermentée, comprimée et non comprimée, dans des conditions aérobies et anaérobies (Fig. 1–4). Sp. *Leuconostoc* est apparue presque immédiatement au début de l'expérience, augmentant en nombre jusqu'à 72 heures après ; son développement s'est ensuite ralenti, et a cessé après 96 heures. La population la plus élevée de cet organisme a été enregistrée entre 48 et 72 h, alors que le pH tombait de 4,8 à 3,8 dans la pulpe comprimée et de 5,6 à 4,3 dans la non comprimée. Dans la pulpe comprimée cet organisme s'est développé en quantités plus considérables (Fig. 1).

Sp. *Lactobacillus* a été isolé en grand nombre dans la pulpe fermentée comprimée et non comprimée, à l'état aérobie et anaérobie, commençant à se développer dès le début de l'expérience (Fig. 2) et sa population atteignant son maximum entre 48 et 72 heures, alors que le pH était tombé de 4,8 à 3,8 dans la pulpe comprimée et de 5,6 à 4,3 dans la non comprimée. Dans ni l'un ni l'autre cas le développement ne s'est poursuivi après 96 heures.

Sp. *Bacillus* a également été isolé de la pulpe comprimée et non comprimée après 24 h. Sa population est restée inférieure à celle des autres organismes et son développement s'est manifesté en milieu aérobie et anaérobie (Fig. 3).

La levure, sp. *Candida* est apparue à compter de 72 h et a augmenté rapidement jusqu'à la fin de l'expérience. Le pH se situait entre 3,8 et 3,4 dans la pulpe comprimée et entre 4,3 et 3,8 dans la non comprimée. La population la plus élevée a été enregistrée après 120 h dans la pulpe comprimée et le

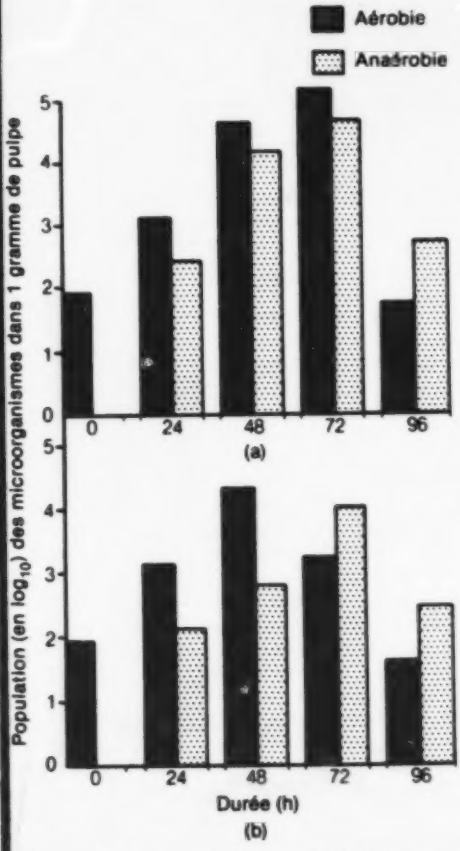


Fig. 1. *Développement aérobie et anaérobie de sp.* Leuconostoc *dans de la pulpe de manioc en fermentation comprimée (a) et non comprimée (b).*

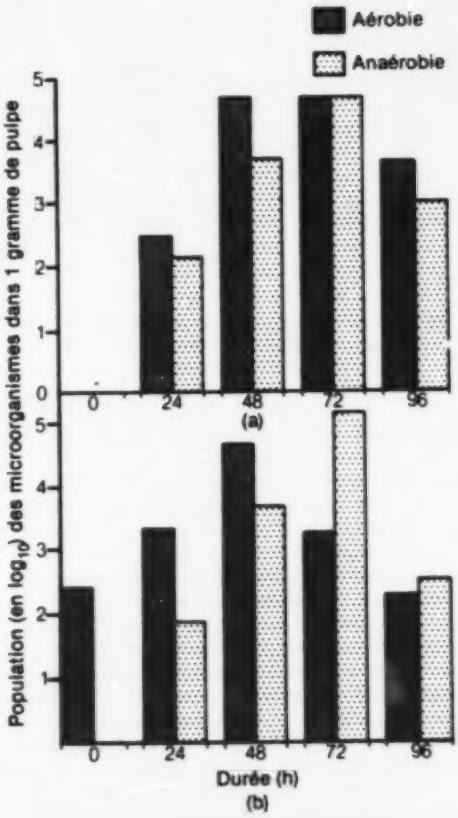


Fig. 2. *Développement aérobie et anaérobie de sp.* Lactobacillus *dans la pulpe de manioc en fermentation, comprimée (a) et non comprimée (b).*

l'agar, alors que lui-même s'était servi d'un extrait de levure de glucose.

Okafor allègue que la présence d'une certaine quantité de sucre libre dans la racine du manioc, comme l'ont signalé Ketiku et Oyenuga (1970), suscite l'apparition de nombreuses bactéries de l'acide lactique, qui l'utilisent. On estime que les différences relevées dans les constatations de Collard et Levi provenaient de ce qu'ils travaillaient sur de la pulpe non comprimée, et aussi de la variété et de l'origine du manioc.

Nous avons entrepris notre étude afin d'explorer comparativement la microflore qui intervient dans la fermentation de la pulpe de manioc, comprimée et non comprimée, utilisée dans la préparation du gari. Nous avons également étudié les modifications du contenu en cyanure de la pulpe avec l'allongement de la période de fermentation.

Matériels et méthodes

Des racines fraîches de manioc de 1 an, variété Otupam, ont été lavées et pelées. Le cylindre restant après l'écorçage a été lavé à nouveau et râpé à la main ; 5 kg de la pulpe ont été placés dans un sac de toile blanche stérilisée, sur lequel on a déposé un poids de 8 kg reposant sur une plaque de verre stérilisée. On a aussi placé un autre lot de 5 kg de pulpe dans un grand becher en verre.

Pour établir la population microbienne dans la pulpe, nous nous sommes servis de la méthode de Miles et Misra, telle que décrite par Collins et Lyne (1976). Subséquemment, nous avons préparé des dilutions au décuple de la pulpe en suspension et, avec une pipette de Pasteur, avons placé 0,025 ml des dilutions sur huit plaques préalablement séchées d'agar d'extrait de levure glucosique (ALG) (Okafor, 1966a). Les plaques ont été laissées à elles-mêmes pour sécher. La moitié a été incubée en aérobiose à 28 °C et le reste placé dans une atmosphère anaérobie d'hydrogène, dans un bocal fermé également à 28 °C. Les plaques ont été examinées toutes les 24 heures, jusqu'à 120 heures.

La couleur, les dimensions, la forme, la texture, la surface, l'élévation et la marge des colonies formées sur les plaques, ainsi que le nombre des types morphologiques ont été enregistrés. D'après leur morphologie brute les colonies ont été groupées en A, B, C, D, ou E. Les isolats ont été purifiés et conservés à 4 °C sur ALG marqué.

D'autres tests de caractérisation ont été effectués de la manière exposée par Cowan et Steel (1970), Collins et Lyne (1976) et Skerman (1967). On a ensuite fait l'identification des cultures d'après le Manuel de bactériologie définie de Bergey (1974).

Les colonies fongiques ont été purifiées sur ALG, transférées sur agar de farine de maïs et examinées après 48 h de développement à 28 °C. Elles ont été identifiées d'après le Guide d'identification de Larone (1976).

Pour établir le contenu en cyanure de la pulpe, nous avons recouru à la méthode de Burns et alii (1970).

Nous avons homogénéisé 500 g d'écorce fraîche, congelée, de manioc avec 1 000 ml de tampon d'acétate 0,1 M à 2 °C, dans un mélangeur Waring. Le produit homogénéisé a été filtré avec une pompe à vide à travers du Kieselgurgh, dans un flacon enveloppé de blocs de glace. Le filtrat a été centrifugé à 500 tr/mn durant 30 minutes, à 20 °C. La partie surnageante a été conservée dans un congélateur à 2 °C comme enzyme brute, et le dépôt a été jeté.

Nous avons placé 10 g de la pulpe fraîche dans un ballon de Kjeldahl de 500 ml en y ajoutant 100 ml d'eau distillée et, ensuite, 10 ml de l'enzyme brute. Le mélange, après avoir été bien agité, a été laissé en incubation pendant 1 heure. La distillation s'est effectuée dans un flacon volumétrique de 300 ml contenant 50 ml d'hydroxyde de potassium à 2 %. On l'a laissée se poursuivre lentement, avec les extrémités des tubes de condensation immergées dans le KOH et on a recueilli 200 ml du distillat dans un flacon volumétrique de 300 ml.

Après cela, on a transféré à la pipette 10 ml d'acide picrique alcalin 0,03 N dans des flacons volumétriques de 50 ml contenant 20 ml de distillat. Ces flacons ont été immédiatement placés dans un bain d'eau à réglage thermostatique pour une incubation de 5 minutes à 94 °C environ. Les flacons ont ensuite été ramenés à la température ambiante et on a relevé la densité optique de la couleur à l'aide du spectrophotomètre réglé à 500 nm.

Nous avons calculé la concentration de HCN par le procédé de Burns et alii (1970), en mélangeant 10 g de pulpe et 10 ml d'eau distillée (pH 7), en prenant note du pH de la pulpe à l'aide d'un appareil à mesurer 290 MK2. La pulpe a été autoclavée jusqu'à un poids constant, à la température de 105 °C, pour le calcul du poids à l'état sec.

Résultats

La microflore isolée a été catégorisée en A, B, C, D et E. Les propriétés des bactéries (A, B, C) les ont fait identifier comme étant sp. *Leuconostoc*, *Lactobacillus* et *Bacillus*. Les fongus ont également été décrits et identifiés comme sp. *Candida* et *Geotrichum*. *Candida* a produit, spécifiquement, des blastospores allongées caractéristiques sur pseudohyphes, en culture sur agar de farine de maïs, tandis que sp. *Geotrichum* produisait de nombreuses ar-

throspores de grosseurs diverses à extrémités arrondies.

On a isolé les mêmes microorganismes de la pulpe fermentée, comprimée et non comprimée, dans des conditions aérobies et anaérobies (Fig. 1–4). Sp. *Leuconostoc* est apparue presque immédiatement au début de l'expérience, augmentant en nombre jusqu'à 72 heures après ; son développement s'est ensuite ralenti, et a cessé après 96 heures. La population la plus élevée de cet organisme a été enregistrée entre 48 et 72 h, alors que le pH tombait de 4,8 à 3,8 dans la pulpe comprimée et de 5,6 à 4,3 dans la non comprimée. Dans la pulpe comprimée cet organisme s'est développé en quantités plus considérables (Fig. 1).

Sp. *Lactobacillus* a été isolé en grand nombre dans la pulpe fermentée comprimée et non comprimée, à l'état aérobie et anaérobie, commençant à se développer dès le début de l'expérience (Fig. 2) et sa population atteignant son maximum entre 48 et 72 heures, alors que le pH était tombé de 4,8 à 3,8 dans la pulpe comprimée et de 5,6 à 4,3 dans la non comprimée. Dans ni l'un ni l'autre cas le développement ne s'est poursuivi après 96 heures.

Sp. *Bacillus* a également été isolé de la pulpe comprimée et non comprimée après 24 h. Sa population est restée inférieure à celle des autres organismes et son développement s'est manifesté en milieu aérobie et anaérobie (Fig. 3).

La levure, sp. *Candida* est apparue à compter de 72 h et a augmenté rapidement jusqu'à la fin de l'expérience. Le pH se situait entre 3,8 et 3,4 dans la pulpe comprimée et entre 4,3 et 3,8 dans la non comprimée. La population la plus élevée a été enregistrée après 120 h dans la pulpe comprimée et le

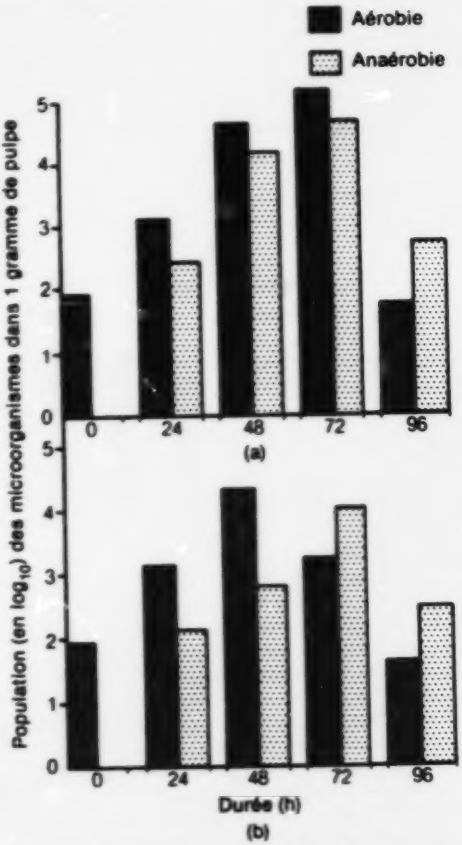


Fig. 1. *Développement aérobie et anaérobie de sp.* Leuconostoc *dans de la pulpe de manioc en fermentation comprimée (a) et non comprimée (b).*

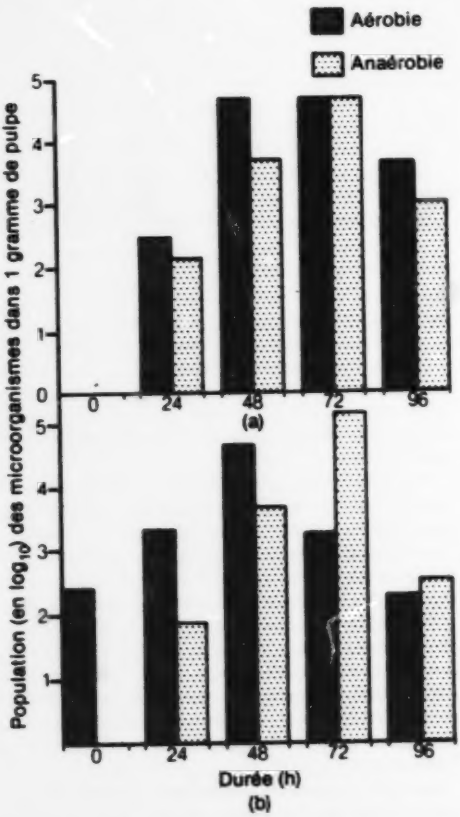


Fig. 2. *Développement aérobie et anaérobie de sp.* Lactobacillus *dans la pulpe de manioc en fermentation, comprimée (a) et non comprimée (b).*

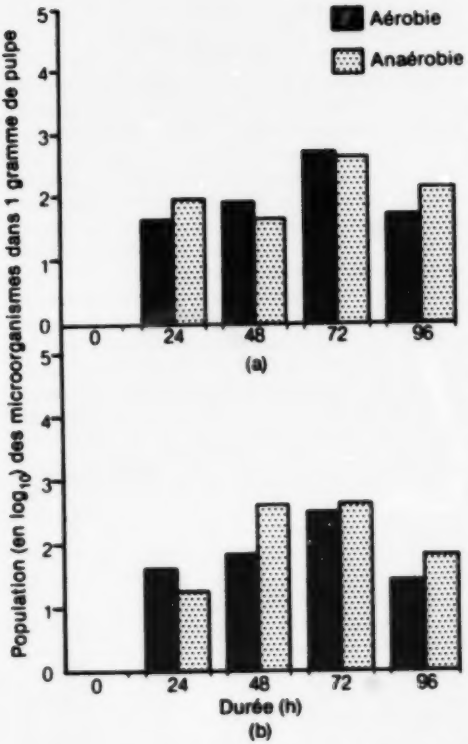


Fig. 3. *Développement aérobie et anaérobie de sp.* Bacillus *dans la pulpe de manioc en fermentation comprimée (a) et non comprimée (b).*

nombre des organismes observés a été plus élevé en milieu aérobie (Fig. 4).

Sp. *Geotrichum* a été observé en grand nombre à compter de 72 h et s'est abondamment développé dans les deux pulpes, comprimée et non comprimée, en milieu aérobie et anaérobie. La population a atteint sa plus forte densité à 120 h dans la pulpe comprimée, le pH étant alors de 3,4 (Fig. 5).

Le Tableau 1 montre les modifications du contenu en cyanure suivant le développement de la fermentation. Le jus exprimé de la pulpe à 0 h contenait 0,078 mg de HCN/g. La teneur en cyanure était plus élevée dans la pulpe non comprimée. Elle a été en diminuant avec l'allongement des périodes de fermentation.

Le pH et la teneur en humidité de la pulpe comprimée ont décliné plus rapidement que dans la pulpe non comprimée. Toutefois, pour les deux sortes de pulpe ces modifications ont été moins prononcées après 72 h de fermentation.

Discussion

Bien que les mêmes microbes se retrouvent dans les deux sortes de pulpe fermentée, comprimée et non comprimée, leurs nombres ont été différents. Okafor (1977) rapporte avoir isolé sp. *Bacillus* au cours de certaines expériences dans lesquelles il s'est servi d'une râpe identique à celle que nous avons nous-mêmes utilisée. Il se pourrait que l'isolement des organismes dépende de la manière dont le râpage du manioc a été effectué.

Il vaut la peine de signaler l'absence de sp. *Corynebacterium* qui avait été facilement isolé par Collard et Levi (1959) mais qui se trouvait en quantité négligeable dans l'expérience d'Okafor (1977). L'explication ne saurait résider dans le fait que Collard et Levi n'avaient pas asséché leur pulpe, puisque nous n'avons pas non plus trouvé sp. *Corynebacterium* dans notre pulpe non comprimée. Toutefois, ils avaient reçu leur matériel d'Oshodi, tandis que le manioc utilisé par Okafor (1977) provenait de la ferme universitaire, tout comme celui qui a servi à notre expérience. Il se peut donc que la différence soit attribuable aux variétés utilisées ou au lieu où les expériences se sont déroulées.

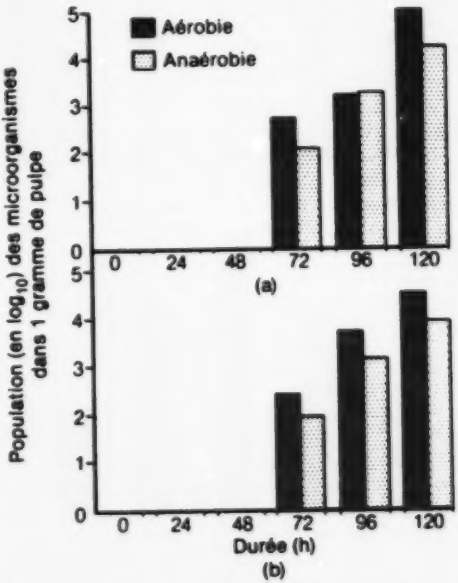


Fig. 4. *Développement aérobie et anaérobie de sp.* Candida *dans la pulpe de manioc fermentée comprimée (a) et non comprimée (b).*

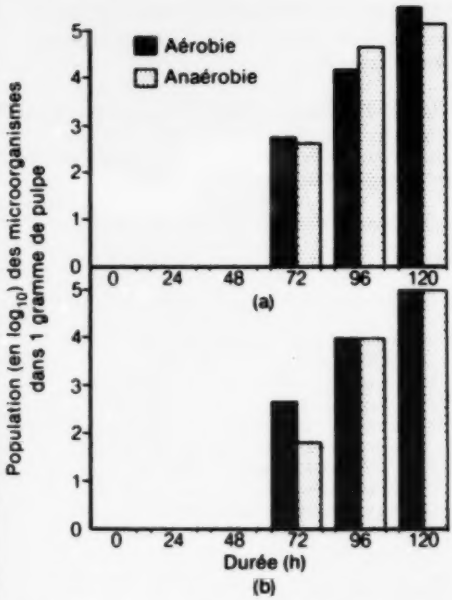


Fig. 5. *Développement aérobie et anaérobie de sp.* Geotrichum *dans la pulpe de manioc fermentée comprimée (a) et non comprimée (b).*

Collard et Levi (1959), Collard (1963) et Akinrele (1964) ont rapporté avoir isolé *Geotrichum candidum*, outre *Corynebacterium manihot*, mais n'ont pas dit avoir isolé de bactéries de l'acide lactique dont Okafor (1977) avait signalé la présence, ainsi que nous-mêmes l'avons fait dans notre expérience. Notre découverte de sp. *Leuconostoc* et *Lactobacillus* en grands nombres confirme les constatations d'Okafor, qui attribue l'incapacité de Collard et Levi à isoler les bactéries de l'acide lactique au fait qu'ils ont utilisé l'agar comme seul milieu de culture.

La présence de sp. *Geotrichum* et sp. *Candida* aux derniers stades de la fermentation provient sans doute de la baisse du pH, puisque l'on sait que la plupart des fongus préfèrent un milieu acide. Une autre possibilité serait la production de sucre due à l'activité de sp. *Bacillus*. On mentionne souvent *Geotrichum* comme un fongus sucré parce qu'il se développe de préférence en présence de sucre en quantité considérable (Spencer et Uden, 1977).

Le développement des sp. *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Candida* et *Geotrichum* qu'on a observé en milieux aérobie et anaérobie est attribuable sans doute à leur caractère facultatif. Okafor (1977) a expliqué l'abondance des bactéries de l'acide lactique dans son expérience par la disponibilité de sucres fermentescibles à l'état libre dans les racines de manioc, comprimée et non comprimée. On a observé que l'aptitude des fongus à respirer le sucre diminuait en même temps que la présence d'oxygène (Beech, 1969 ; Oura, 1969) tandis que la fermentation du glucose allait en augmentant. La pulpe non comprimée a probablement offert un milieu plus anaérobie en raison de sa teneur plus élevée en humidité. C'est pourquoi le nombre plus considérable des sp. *Candida* et *Geotrichum* observé dans la pulpe comprimée aux derniers stades de la fermentation est sans doute attribuable à sa plus faible teneur en humidité et à sa teneur plus élevée en oxygène.

Tableau 1. Teneurs en HCN de la pulpe de manioc comprimée et non comprimée (mg/g) calculées d'après la moyenne de cinq échantillons.

Heure	Pulpe comprimée	Pulpe non comprimée
0	–	0,144
24	0,075	1,088
48	0,070	0,082
72	0,063	0,078
96	0,053	0,072
120	0,046	0,059

La pulpe comprimée contenait moins de HCN que la non comprimée. La quantité de 144 mg/kg constatée dans cette expérience provient de pulpe fraîche non comprimée. D'autres scientifiques ont rapporté diverses échelles de teneurs en cyanure dans la pulpe de manioc. Wood (1965) mentionne 6 à 190 mg/kg ; Greenstreet et Lambourne (1933) 30 à 370 mg/kg ; Oyenuga et Amazigo (1957) 29 à 213 mg/kg ; et Bolhuis (1952) 31 à 151 mg/kg pour la variété Basioro. Ces teneurs dépendent sans doute de la variété, de l'origine et de l'âge de racines.

Nos résultats indiquent que, même si la pulpe comprimée contenait moins de HCN que la non comprimée, elle retenait cependant un peu de cyanure. On a également trouvé une quantité de cyanure assez considérable dans le jus exprimé de la pulpe, ce qui a sans doute contribué à réduire ce contenu. Bien que, selon certaines opinions, il se peut que divers microorganismes se développent dans un milieu cyanuré en réduisant le cyanure en composants non toxiques de CO_2, ammoniac, nitrates ou nitrites (Arima et Oka, 1975), le rôle détoxifiant de la microflore demeure incertain. Le fait que l'on ait observé la présence d'un tel nombre d'organismes dans les pulpes contenant du cyanure permet de croire que, ou bien le cyanure n'a pas d'effet sur ces organismes ou que ceux-ci peuvent le dégrader.

Conclusion

D'après nos travaux, on peut conclure raisonnablement que la déshydratation de la pulpe en fermentation pour la préparation du gari réduit le contenu en cyanure toxique, augmente la teneur protéique, résultat de la multiplication de la microflore, et rehausse la sapidité du produit par suite de la prolifération des fongus. On recommande donc de continuer cette opération, bien que le procédé soit susceptible d'améliorations.

Nos remerciements au Département de microbiologie de l'Université du Nigéria, à Nsukka et à l'Institut national de recherche pour les plantes-racines, d'Umudike, qui ont rendu possible l'exécution de cette étude.

La production de gari dépend-elle du rendement en racines du manioc?

D.G. Ibe et F.O.C. Ezedinma

Faculté d'agriculture, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Douze cultivars de manioc comprenant onze hybrides, notamment TMX 30395, TMX 1325, TMX 1624, TMX 59/159/91, TMX 30568, TMX 750, TMX 6, TMX 90, TMX 20, TMX 30211 de l'IITA et 60506 ont été récoltés un an après leur plantation à la ferme de recherche et de formation de l'Université du Nigéria, Nsukka. Ces cultivars avaient été produits sans engrais, selon les pratiques traditionnelles des fermiers. Après étiquetage des racines de chaque cultivar, 100 kg de chaque variété ont été transformés en gari dans une meunerie semi-mécanisée. Le cultivar à rendement supérieur/ha n'a pas donné nécessairement la meilleure qualité de gari. Les observations sur le rapport entre le rendement d'un cultivar et la qualité du gari sont actuellement à l'étude. Les phytosélectionneurs et les agronomes qui cherchent de nouveaux cultivars de manioc pour les fermiers devraient s'attacher à rechercher la qualité et la quantité de gari plutôt que le nombre de tubercules. Les hybrides deviendraient très populaires s'il était possible de déterminer les éléments nutritifs du gari par des expériences sur le temps de récolte dans les diverses zones écologiques.

Twelve cassava cultivars constituting 11 hybrids, namely TMX 30395, TMX 1325, TMX 1624, TMX 59/159/91, TMX 30568, TMX 750, TMX 6, TMX 90, TMX 20, TMX 30211 from IITA, and 60506 were harvested 1 year after being planted at the Teaching and Research Farm of the University of Nigeria, Nsukka. Marketable roots of each cultivar were labeled and 100 kg were weighed out from each cultivar and processed into gari in a semimechanized gari factory. The cultivars were grown without fertilizers as is the practice among most farmers. The results showed that the cultivar with the highest root yields was not necessarily the best for gari production. Observations on gari yield and quality in relation to root yields are discussed. Plant breeders and agronomists should consider quality and quantity of gari, rather than mere root yields, in selecting new cassava cultivars for farmers. The hybrids have a lot of promise if the gari yield can be determined by means of time-of-harvesting experiments in the various ecological zones.

Le gari sert d'aliment de base aux populations du sud-est du Nigéria et de la plupart des pays de l'Afrique occidentale. Balakrishnan et Sundararaj (1967) ont souligné que l'époque la plus propice à la récolte du manioc se situait entre 12 et 12,5 mois après la plantation. Au Nigéria, cependant, la pénurie d'aliments oblige parfois les cultivateurs à récolter leur manioc à 8 ou 9 mois. Les racines se détériorent rapidement et les procédés de conservation actuels ne permettent guère aux cultivateurs de les entreposer, ne fût-ce que pendant 10 jours après la récolte.

Ibe (1979) a décrit les caractéristiques que doit posséder le gari de qualité supérieure : bonne agglutination, faible teneur en HCN et en fibre (pas plus de 3 %) et humidité ne dépassant pas 8 %.

Les cultivateurs apprécient la valeur du manioc d'après les quantités du gari qu'ils en obtiennent et sa richesse en fécule. Ils choisissent de préférence les cultivars pouvant donner de gros rendements en racines, productrices généreuses de gari.

Le but de cet exposé est d'évaluer la production de gari de certains hybrides de manioc TMX et, de façon plus générale, d'établir quels cultivars donneront le plus de gari de bonne qualité. Le succès de cette recherche à l'aide de manipulations génétiques, aurait pour effet d'améliorer les rendements, ce qui ne manquerait pas, à son tour, d'être bénéfique pour la prospérité des cultivateurs. Hahn (1978) a décrit le manioc idéal comme étant court, avec peu de ramifications pour faciliter la mécanisation des travaux, de maturité précoce, et résistant aux maladies et aux insectes. De plus, il doit être assez riche en amidon. Certains des cultivars de manioc TMX dont il est question ici se rapprochent de ce type.

Matériels et méthodes

Les cultivars mis à l'essai étaient au nombre de douze, soit (TMX 30395, TMX 1325, TMX 1624, 631024, TMX 59/159/91, TMX 30568, TMX 750,

TMX 6, TMX 90, TMX 20, TMX 30211 et un témoin (60506). L'expérimentation a été réalisée sans engrais, selon la méthode des blocs, avec quatre répétitions. La plantation a été effectuée en septembre 1977 et la récolte, la première semaine d'octobre de l'année suivante. Toutes les racines marchandes ont été rassemblées par cultivar. Par la suite, on a fait appel à 10 producteurs de gari qui ont préparé de la farine avec 100 kg de manioc provenant de 10 cultivars différents.

Une fois pelées les racines ont été lavées et immédiatement râpées ; la pulpe a été ensachée et empilée dans un séchoir situé à l'usine. Quatre jours plus tard, les pulpes ont été tamisées et mises à frire. Le gari a été mis à refroidir jusqu'au lendemain dans un séchoir et pesé ensuite pour vérifier la production.

Résultats et discussion

Les chiffres obtenus semblent indiquer que le poids en racines n'est pas, en soi, un reflet juste de la production de gari. Le rendement et la qualité du gari ont varié nettement d'après les différents cultivars.

631024 a donné le plus haut rendement de racines soit 21,5 t/ha, mais non la meilleure production de pulpe. TMX 30568 a donné le plus haut rendement de gari en t/ha mais d'une qualité laissant à désirer. TMX 750 a fourni le plus faible rendement (0,9 t/ha) et le plus mauvais gari. Le cultivar dont le rendement en racines a été le plus élevé, 631024, n'a rendu que 9 % ou 1,9 t/ha de gari frit. Toutefois il s'est classé en tête, suivi par le témoin (60506) et TMX 1325, pour la qualité du gari.

TMX 30211 a donné un rendement en racines de 17,4 t/ha, et de 16 % en gari, soit 2,7 t/ha. Les chiffres correspondants ont été de 15,7 t/ha en racines, 20 % ou 3,1 t/ha en gari pour RMX 30568 ; 14,9 t/ha en racines, 16,8 % ou 2,5 t/ha en gari pour TMX 1325 ; 14,8 t/ha en racines, et 3 t/ha en gari pour TMX 90. Pour TMX 59/159/91 et TMX 20, les rendements en racines ont été, respectivement, de 14,1 et 14,0 t/ha. Cependant TMX 20 a donné 11,9 % de gari, soit 1,7 t/ha, comparativement à 6,7 % ou 1,0 t/ha pour TMX 59/159/91.

On peut donc considérer la production de gari comme l'un des moyens les plus recommandables d'évaluer les hybrides de manioc. Les cultivateurs peuvent aisément abandonner l'utilisation de cultivars hybrides dans la production de certains produits alimentaires déterminés s'ils sont déçus après un premier essai.

La plupart des cultivars dont nous nous sommes servis dans notre étude ont été cultivés sans engrais. Leurs rendements ont cependant été généralement faibles, parce qu'ils ont poussé sur des terres marginales.

L'IGNAME

Paramètres pour la sélection de parents destinés à l'hybridation de l'igname

Obinani O. Okoli

Institut national de recherche pour les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Dioscorea rotundata, espèce d'igname blanche, donne des graines viables, ce qui la rend propre à l'amélioration par hybridation. Cette étude présente et discute les résultats des recherches sur divers caractères souhaitables chez les cultivars parents putatifs. On reconnaît que l'amélioration et la production d'ignames progresseront plus rapidement lorsque les semences pourront être produites chez le fermier même. Il est donc recommandé de diriger les recherches sur la mise au point de parents d'élite pour la production d'ignames par semences.

White yam, *Dioscorea rotundata*, produces viable seeds and can, thus, be improved by hybridization. Results of studies on certain desirable attributes of parent cultivars are presented and discussed. Yam production and improvement will advance fastest when true seeds can be easily grown in farmers' fields. It is recommended that research shift toward finding nicking parents for yam production via true seeds.

L'igname est surtout cultivée dans les régions tropicales humides de l'Afrique, du sud-est asiatique, de l'Inde et des Antilles. On évalue la production du Nigéria à 1,5 Mt, soit environ 75 % du total pour l'Afrique occidentale. Dans l'ensemble de ces régions on préfère l'igname blanche (*Dioscorea rotundata*), bien que l'on rencontre également d'autres espèces comestibles. L'on croit que l'igname blanche est indigène à la zone s'étendant de la Côte-d'Ivoire, au Ghana, au Togo, à la République du Bénin, au Nigéria, jusqu'au Cameroun.

Au cours des ans, l'amélioration de l'igname a été laissée aux cultivateurs eux-mêmes, qui choisissaient les plus beaux tubercules au moment de la plantation. En conséquence, on a pu sélectionner de « bons cultivars » adaptés aux différentes régions où la plante est cultivée. Martin et alii (1975) ont pu constater « une mauvaise répartition des meilleures variétés et l'usage, qui en résulte dans plusieurs régions, de types médiocres auxquels on n'aurait pas recouru si on en avait eu de meilleures. » Ils reconnaissent cependant que l'introduction généralisée de cultivars étrangers pourrait entraîner des baisses de rendement causées par l'apparition de nouveaux virus. Même si quelques espèces d'ignames produisent des fleurs et des semences, la sélection par hybridation, dans le cas spécialement de *D. rotundata*, a été entravée par la mauvaise nouaison des semences et leur faible viabilité, ainsi que par les dimensions réduites des tubercules provenant de semences véritables (Waitt 1961). Les travaux de Sadik et Okereke (1975b) et d'Okoli (1975) en faisant germer des semences véritables de *D. rotundata* ont suscité un nouvel intérêt envers les possibilités d'amélioration de l'igname par hybridation.

Cet exposé relate une partie de ces travaux ayant pour but d'élaborer des modes d'hybridation rationnels.

Objectifs des améliorations

Résumant les objectifs de la sélection de l'igname, Wilson (1978) a souligné la nécessité de produire des cultivars « possédant tous les attributs caractéristiques d'un rendement élevé, de résistance aux maladies et aux insectes, de facilité de conservation et de valeur comestible. De plus, les plants doivent exiger peu d'entretien, ne pas nécessiter de tuteurage, et permettre de réduire les quantités de tubercules de semence. »

La production de l'igname à l'aide de semences véritables est encore à l'état de rêve mais devrait devenir l'objectif majeur des généticiens. L'obtention de plants-mères dont les semences, après la première année de plantation, produiraient des tubercules de bonne grosseur et bien constitués mettrait un terme aux efforts en vue d'amorcer la création de souches idéales pour l'amélioration de l'igname.

Caractères importants des plants-mères

Rapport réduit entre semences et rendements

Le coût des ignames de semence que l'on évalue au tiers des frais de production (Nwosu 1975) est reconnu comme un obstacle important à l'accroissement de cette culture. Okoli (non publié) a évalué les rapports d'échanges sectoriels pour différents cultivars durant une période de 3 ans (Tableau 1).

Plusieurs spécialistes se sont penchés sur les rapports existant entre les tubercules d'igname utilisés comme « semence » et le rendement en tubercules récoltés. Bien qu'il soit connu qu'en plantant de plus gros semenceaux (et donc de plus fortes quantités à l'ha) on obtienne une meilleure germination, un nombre plus élevé de plants vigoureux et un meilleur rendement par plant, on ne s'accorde pas sur la grosseur désirable des semenceaux à utiliser.

Le rapport constaté entre le poids total planté et le poids total récolté des diverses variétés d'igname revêt une importance certaine dans les programmes d'hybridation. Les variétés offrant les rapports entrée-sortie les plus avantageux offriront plus d'intérêt aux généticiens que celles ayant un rapport plus large, même à rendements égaux pour les diverses variétés.

Exigences minimales de tuteurage

Le tuteurage est un autre élément majeur du prix de revient dans la culture de l'igname. Bien que dans la région des savanes guinéennes du Nigéria, la plante ne soit généralement pas tuteurée, les cultivateurs savent que les plants qui traînent sur le sol rendent invariablement moins que ceux qui sont soutenus. En étudiant l'effet des hauteurs de tuteu rage sur le rendement, on a constaté que les tuteur de plus de 2 m de hauteur n'augmentaient pas, o presque pas, la production de l'igname (Okigb 1973). En plus d'être coûteux, ces supports élevé gênent les travaux mécaniques de sarclage et d récolte. Au cours d'une évaluation de deux année de huit cultivars provenant de trois espèce d'igname, on a constaté que chez certains le tuteu rage n'affectait le rendement que de façon marg nale. Ainsi donc, même si deux variétés d'ignam peuvent donner des rendements à peu près ident ques en étant tuteurées, on choisira de préféren comme souche parentale pour l'hybridation la va riété présentant la moindre différence de rendeme entre le tuteurage et le non tuteurage (Tableau 2)

Bonne répartition de la matière sèche vers les tubercules

L'igname emmagasine la plupart des produits photosynthèse dans ses organes souterrains. La pr portion de ces produits qui se retrouve dans l tubercules, comparativement aux parties n comestibles de la plante, varie d'une espèce et d'u variété d'igname à l'autre. Dans une étude sur taux d'accumulation de la matière sèche et sa répar tion dans quatre variétés appartenant à deux espèc d'igname, Okoli (1980) a constaté un rapport verse entre le rendement total et la proportion matière sèche totale présente dans les tubercules. d'autres termes, les cultivars de faible rendement transféré aux tubercules une plus forte proportion matière sèche élaborée que les cultivars d'un ren ment plus élevé. Ainsi donc, dans un projet d'hy dation, le recours aux qualités physiologiques (p tage) comme indice de sélection des plants-m pourrait conduire à une amélioration plus rapide

Tableau 1. Rapport moyen « semence » : rendement de cultivars d'igname plantés à Umudike pour la « semence » et p la consommation.

Cultivars	Production d'igname de semence			Production d'igname de consommation		
	Plantés (kg/ha)	Récoltés (kg/ha)	Rapport	Plantés (kg/ha)	Récoltés (kg/ha)	Rappo
D. rotundata,						
Nwapoko	2,8	14,2	5,07	4,7	16,5	3,51
Ekpe	1,7	6,0	3,53	1,5	6,2	4,13
Abi	1,7	6,7	3,94	2,9	8,5	2,93
Obiaoturugo	2,2	6,2	2,82	3,6	12,3	3,42
Okwocha	2,1	6,5	3,1	2,2	10,0	4,55
D. cayenensis, Oku	1,8	6,1	3,39	4,5	10,8	2,40
D. alata,						
UM 680	1,9	9,2	4,84	2,3	15,4	5,70
Ominaelu	–	–	–	2,0	13,5	6,75
D. dumetorum, Ona	–	–	–	8,9	13,4	1,51

Tableau 2. Rapports de rendement entre cultivars d'igname tuteurés et non tuteurés, à Umudike.

	1978	1979
D. rotundata,		
Nwapoko	1:1,193	1:1,219
Obiaoturugo	1:1,159	1:1,147
Ekpe	1:1,021	1:1,255
Okwocha	1:1,479	1:1,20
Abi	1:1,143	1:1,281
D. alata,		
Ominaelu	1:1,174	1:1,716
UM 680	1:1,384	1.049:1,0
D. dumetorum, Ona	1:1,0	1:1,095

rendements que l'usage d'indices aussi complexes que le rendement.

Adaptation à l'environnement

Il est reconnu que les cultivars d'igname sont particulièrement sensibles à l'écologie du milieu : sols, pluviosité, longueurs des jours, etc. *D. rotundata* c.v. Ekpe est une igname à maturité hâtive cultivée couramment dans les sols alluvionnaires des plaines d'inondation d'Anambra, dans le sud-est du Nigéria. Les rendements, dans les conditions de culture locales, sont de 15 à 20 t/ha. Dans les terres franches sableuses d'Umudike, cependant, ce même cultivar produit à peine 5 t/ha bien que conservant sa précocité.

Dans des essais de rendement de huit cultivars appartenant à deux espèces d'igname, pendant une période de trois ans, à Umudike, Okoli (non publié) a constaté que les deux cultivars de *D. rotundata* les plus prolifiques — Nwapoko et Obiaoturugo — ainsi que le Um 680 de *D. alata* conviennent bien à cette région. Toutefois, Nwapoko ne fleurit pas dans cet environnement et, en conséquence, ne peut être retenu pour la production de matériel végétal.

Floraison constante et abondante

Les ignames sont principalement dioïques, bien que certains cultivars ne fleurissent pas, ordinairement, et que d'autres possèdent à la fois des fleurs mâles et femelles sur le même plant. Cependant, dans la collection de matériel génétique de l'Institut national de recherche pour les plantes-racines (INRPR) du Nigéria, qui compte 900 inscriptions, les inflorescences mâles prédominent (141 mâles et 106 femelles). Dans des champs choisis, près d'Umudike, les proportions sont d'environ 4 cultivars à fleurs mâles, 1 à fleurs femelles et 2 non fleurissants.

Il semble bien que la grosseur des semenceaux affecte la floraison chez les plants femelles, mais seulement la profusion des fleurs chez les plants mâles. Ainsi donc, dans la plantation d'ignames désirables pour l'hybridation, on utilisera de préférence de gros semenceaux plutôt que des petits. De plus, en raison de différences dans les époques où commence la floraison (les plants mâles fleurissent généralement les premiers), on devrait planter les plants mâles à intervalles d'une semaine pendant 4 semaines, de façon qu'il y ait toujours du pollen disponible lorsque les inflorescences femelles sont réceptives.

Absence de brunissement de la chair des tubercules

L'un des critères observés à l'INRPR, aux derniers stades de la sélection des progénitures, est l'absence de brunissement chez des tubercules coupés et exposés à l'air. Cette réaction est causée par l'oxydation des composés phénoliques présents dans les tubercules.

La plupart des tubercules provenant de semence ont cette tendance à brunir que l'on rencontre rarement, par contre, chez les cultivars utilisés par les cultivateurs. La couleur de la chair des tubercules sectionnés et exposés à l'air est classée de 1 à 5 allant du brun foncé (1) au blanc (5). Les clones dont le classement est inférieur à 3 sont refusés.

Viabilité des semences

Les quantités d'igname destinées à l'alimentation pourront augmenter de 30 % lorsque les cultivateurs disposeront pour leurs plantations de semences véritables au lieu de tubercules entiers ou fragmentés. Le but ultime de la génétique est donc, ici, de produire des cultivars mâles et femelles dont le croisement produira de nombreuses graines viables qui, par semis, donneront des tubercules de grosseur moyenne, bien constitués et uniformes. Ce premier objectif une fois atteint, la sélection pourra poursuivre la résistance aux maladies et aux insectes, la conservation et la sapidité. L'acquisition de qualités nouvelles sans la possibilité de les transmettre par hybridation reste à peu près sans valeur, ces qualités ne pouvant être reproduites assez rapidement pour

servir aux cultivateurs. En conséquence, les progénitures qui ne fleurissent pas sont à refuser pour les programmes de génétique.

Conclusion

Les variétés sélectionnées comme plants-mères dans tout programme d'hybridation de l'igname doivent répondre aux objectifs poursuivis. Il importe donc de définir les attributs des plants-mères parfaits et de savoir comment ils se comporteront dans le milieu écologique où ils seront placés et dans les conditions de culture qui les attendent. Si l'on adopte la culture par semence, au moins à un stade de la production, le programme d'amélioration de l'igname devra accorder un rang important à la floraison et à l'obtention de nombreuses graines viables.

L'anthracnose de l'igname d'eau au Nigéria

Okechukwu Alphonso Nwankiti et E.U. Okpala

Institut national de recherche pour les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria) et Département des cultures vivrières, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Description des symptômes d'anthracnose, chez l'igname d'eau *Dioscorea alata L*, observés sur le terrain au Nigéria. Des études spécifiques ont révélé que le syndrome de la maladie intéressait plus de sept organismes, notamment : *Colletotrichum* sp., *Botryodiplodia theobromae* Pat., *Fusarium* sp., *Pestalotiopsis* sp., *Syncephalastrum racemosum* Cohn ex Schroet, *Scopulariopsis fusca* Zach ; et *Curvularia* sp. La conudie mesure 15 – 30 × 3 – 5 µm et elle s'introduit dans l'hôte par les stomates ou la cuticule. Des études par inoculation ont démontré que *Colletotrichum* sp., facile à isoler, ne pouvait provoquer d'infection grave en l'absence d'un deuxième pathogène. L'inoculation de *Colletotrichum* seule a provoqué des lésions mesurant entre 0,1 et 4 mm, en petit nombre sur une même feuille, alors que l'inoculation de *Colletotrichum* associée à *Botryodiplodia* ou à la fois *Botryodiplodia* et *Fusarium* faisait apparaître des lésions mesurant jusqu'à 20 mm et assez nombreuses sur une même feuille. L'infection était plus marquée sur la face inférieure de la feuille que sur la face supérieure, probablement à cause de l'absence de stomates sur la surface supérieure des feuilles de *D. alata*. Des essais réalisés en serre ont confirmé que les pathogènes contenus dans le tubercule, le sol où des débris d'ignames infestées (tige, pétiole et feuille) jouent un rôle important dans le développement de l'anthracnose chez les ignames d'eau. Par conséquent, le programme intégré de contrôle de *Dioscorea alata* doit nécessairement comprendre la surveillance des tubercules vecteurs, l'élimination des débris infestés et un soin particulier apporté a la manutention des tubercules récoltés.

Field symptoms of anthracnose of water yam (*Dioscorea alata*) in Nigeria are described. Isolation studies revealed that more than seven organisms, namely : *Colletotrichum* sp., *Botryodiplodia theobromae ; Fusarium* sp. ; *Pestalotiopsis* sp. ; *Syncephalastrum racemosum* ; *Scopulariopsis fusca* ; and *Curvularia* sp., are involved in the disease syndrome. *Colletotrichum* sp. is described. The conidia measure 15 – 30 × 3 – 5 µm and enter the host through stomata and by direct cuticular penetration. Inoculation studies showed that *Colletotrichum* sp., which was commonly isolated, could not produce serious infection in the absence of a second pathogen. *Colletotrichum* inoculated alone produced lesions measuring between 0.1 and 4 mm with few lesions per leaf, whereas *Colletotrichum* inoculated in combination with either *Botryodiplodia* or with both *Botryodiplodia* and *Fusarium* produced lesions measuring up to 20 mm, with many lesions per leaf. Infection was more serious on the lower than on the upper leaf surface, probably because of the absence of stomatal apertures on the upper leaf surfaces of *D. alata*. Greenhouse tests confirmed that tuber-borne, soil-borne, and infected yam debris (vine, petiole, and leaf) inocula of the pathogens were important in the development of the anthracnose disease of water yam. Therefore, control of tuber-borne inoculum, disposal of infected debris, and careful handling of harvested tubers are an essential part of an integrated program for control of the anthracnose disease of *D. alata*.

Le dépérissement de l'igname, communément appelé anthracnose, est une maladie importante du *Dioscorea alata* (igname d'eau) dans le sud du Pacifique (Fa' Annum, 1977), aux Antilles (Ferguson, 1974), en Guyane (Fournet et alii, 1975), en Asie (Prasad et Singh, 1960), en Nouvelle-Zélande (Jackson et Newhoot, 1978) et au Nigéria (Waitt, 1963 ; Coursey, 1967b ; IITA, 1974, 1975 ; Nwankiti et Arene, 1978).

La maladie, aux îles Salomon, a été décrite par Jackson et Newhoot (1978) comme étant en réalité deux affections différentes, l'une causée par la *Colletotrichum gloeosporioides* (le stade parfait), *Glomerella cingulata*, qui provoque les lésions typiques de l'anthracnose sur les feuilles de certaines plantations, et l'autre causée par le *Rhizoctonia solani*, qui provoque le noircissement des feuilles et des tiges. Jackson et Newhoot (1978) ont rapporté que les deux affections pouvaient se conjuguer, les lésions causées par *C. gloeosporioides* se superposant au noircissement de l'épiderme des feuilles et des tiges résultant de l'infection des tubercules par *R. solani*.

Généralement, on s'est servi de symptômes tels

que les lésions d'anthracnose et le noircissement épidermique pour établir une distinction entre l'anthracnose et le noircissement localisé ou généralisé des surfaces supérieures exposées, supposément causé par *R. solani*. Les organismes les plus fréquemment isolés sont sp. *Colletotrichum*, sp. *Botryodiplodia* et sp. *Fusarium*. *B. theobromae* a été régulièrement accusé d'être l'un des agents responsables du pourridié des plantes-racines au Nigéria (Ogundana et alii, 1970 ; Okafor, 1966a), notamment de sp. *Dioscorea*. Sp. *Fusarium*, et en particulier *F. solani* ont été associés à *B. theobromae* comme étant les deux organismes causes du pourridié, tandis qu'on a décrit *F. equiseti* comme un saprophyte des feuilles de *D. rotundata* (Nwankiti, 1978). L'isolement des sp. *Colletotrichum*, *Botryodiplodia* et *Fusarium* sur les feuilles malades de *D. alata* (IITA 1974, 1975 ; Jackson et Newhoot, 1978) et le fait que ces organismes sont apparentés de près aux *Tuberculariaceous hyphomycetes* (Bassey, 1950) soulignent la nécessité de rechercher l'interaction de ces divers organismes dans les manifestations de la maladie. Nous nous attacherons spécialement à la description de l'infection dans les champs, à l'isolement des divers organismes qui peuvent en être la cause, au potentiel pathogène de chaque isolat, seul et en combinaison, et à la transmission des agents causatifs.

Matériels et méthodes

Schéma adopté dans le champ

Une expérience portant sur les symptômes de l'anthracnose a été conduite à l'aide de la méthode des blocs, avec six répétitions. Comme cultivar témoin nous nous sommes servis d'Obunaenyi. Deux autres cultivars, Um 680 et Ominaelu ont été plantés séparément.

Expériences d'isolement

Sp. *Colletotrichum* se développe facilement en milieu de culture artificiel (Ou et Walker, 1945). Nous avons obtenu des cultures en plaçant des fragments de tissus malades dans le Chlorox (hypochlorite de sodium) à 2 % pendant une minute, les rinçant à l'eau distillée et les étendant sur quatre plaques de culture, soit : agar de dextrose de pomme de terre, agar dox Czapek, agar de farine de maïs et préparation de Martin (Okpala, 1975) composée de 23 g d'agar, 0,5 g de sulfate de magnésium hydraté, 10 g de dextrose, 1 g de phosphate de potassium d'hydrogène, 5 g de peptone, 11 l d'eau et 2 ml de Rose Bengol à 1 %. Au début de la période de plantation, aux environs de mai, nous avons commencé à isoler les organismes des organes végétaux (feuilles, pétioles et tiges) présentant des lésions de différentes formes et couleurs (brun à brun foncé jusqu'à noir). Nous avons ainsi recueilli à la ferme expérimentale plus de quatre cents de ces lésions et les avons utilisées durant les mois suivant l'apparition de la maladie dans les champs.

Expériences d'inoculation

Sp. *Colletotrichum*, tel que nous l'avons isolé de plants d'igname infectés naturellement, n'a produit que peu ou pas de spores sur agar de dextrose de pomme de terre (ADP) mais une grande quantité sur agar dox Czapek et préparation de Martin. Sauf indications contraires, on a utilisé pour les inoculations des cultures âgées de 15 à 20 jours.

Les inoculations ont été effectuées en serre, généralement sur Obunaenyi, un cultivar très sensible. Des semenceaux d'igname pesant chacun 50 g, après avoir été stérilisés dans du Chlorox à 40 %, ont été mis en terre dans des pots de plastique de 20 × 20 cm, contenant 1 739 g de sol superficiel autoclavé. Chaque pot contenait un semenceau. Pour chaque expérience d'inoculation, on a choisi les pots dont les pousses étaient au même stade de végétation. L'inoculation a eu lieu deux mois après la plantation afin d'éviter toute végétation excessive.

Pour chaque traitement, nous avons utilisé cinq pots, chacun contenant un plant porteur d'au moins 15 à 18 feuilles et nous en avons inoculé les 10 feuilles inférieures. Les traitements comportaient l'inoculation des surfaces supérieure et inférieure des feuilles ; inoculation suivie d'une piqûre d'épingle sur la surface inférieure, et la même chose pour la face supérieure. On s'est servi d'un atomiseur pour inoculer les spores en suspension de $5{,}3 \times 10^6$ spores/ml. L'humidité à l'intérieur de la serre était entretenue par des arrosages fréquents des films de polyéthylène recouvrant les murs, et des copeaux étalés sur le plancher sans cependant laisser d'eau s'accumuler naturellement sur les plants. L'humidité se maintenait ainsi entre 97 et 100 %, et la température entre 20 et 26 °C. Toutes les 4 semaines suivant l'inoculation, on effectuait un relevé du pourcentage de feuilles infectées de chaque traitement, pour mesurer la sensibilité des plants.

Interaction des isolats

Attendu que sp. *Colletotrichum* a été constamment isolé en même temps que sp. *Botryodiplodia*, et parfois avec d'autres organismes, nous avons pu étudier dans la serre les caractères pathogènes et les interactions des organismes. Nous avons cultivé sp. *Colletotrichum*, *Botryodiplodia theobromae* et sp. *Fusarium* sur 20 ml d'agar dox Czapek et sur préparation de Martin, dans des plats à petri en verre, stériles, de 20 × 100 mm. Les conidies des orga-

nismes à inoculer ont été prélevées dans des cultures âgées de 14 à 22 jours. Ces conidies de sp. *Colletotrichum* ont été considérées comme mûres lorsque l'on constatait un exsudat huileux à l'extrémité des acervules. Ces dernières ont été recueillies à l'aide d'une pince et broyées de façon à libérer les spores. La même opération a eu lieu pour sp. *Botryodiplodia* qui a également produit des acervules. Chaque isolat a été suspendu dans de l'eau distillée et filtré dans des couches de gaze stérilisée pour enlever tout fragment de mycélium. Nous avons ajusté chaque suspension à $4{,}7 \times 10^5$ spores/ml pour les essais de pathogénicité individuelle, à l'aide d'un hémocytomètre. Pour préparer les combinaisons de conidies, nous avons mélangé, en volumes égaux, des suspensions de chaque organisme.

Pénétration des spores

Les feuilles à examiner pour vérifier la germination et la pénétration de sp. *Colletotrichum* ont été excisées, placées dans des plats de petri humidifié, et incubées à la température de la pièce (de 26 à 28 °C). Nous avons suivi la germination des spores, la formation des appresseurs et la pénétration des fongus, aux 2, 3, 6, 12, 24, 36 et 72 h après l'inoculation, en pelant et en fixant l'épiderme dans le lactophénol, dans du bleu de coton.

Études sur la transmission

On n'a pu démontrer si la transmission de sp. *Colletotrichum* s'effectuait à l'igname d'eau par le sol ou par les tubercules. Plus de 100 semenceaux d'Obunaenyi ont été lavés à l'eau distillée, et les lavures filtrées et mises sur plaques de culture Martin préparées de la façon habituelle mais avec 30 ppm de sulfate de streptomycine $(C_{21}H_{39}N_7O_{12})_2 3H_2SO_4$ pour empêcher le développement de bactéries.

Les expériences en serre se sont déroulées en 1980 à Umudike. On a placé dans 72 pots (30 × 25 cm) de la terre des champs infestés par la maladie des plantations de l'année précédente. Trente-six des pots ont été autoclavés, 72 tubercules du cultivar sensible Obunaenyi utilisés comme semenceaux et pesant chacun 80 à 100 g ont été choisis parmi les tubercules de la récolte 1979 et plantés séparément dans chaque pot. Trente-six d'entre eux ont été stérilisés pendant une demi-heure dans le Chlorox à 40 % avant d'être plantés. On a compté trois pots de plantés pour chacun des quatre traitements, avec six reproductions. Les quatre traitements comportaient respectivement : des semenceaux de tubercules désinfectés (traités au Chlorox 40 %) et terre autoclavée ; des semenceaux de tubercules désinfectés et terre infectée ; des semenceaux infectés et terre autoclavée ; et d'autres infectés et terre infectée. Chaque parcelle était recouverte d'un film de polyéthylène désinfecté jusqu'à 90 cm de hauteur afin d'éviter la contamination et de maintenir une humidité élevée autour des plantations. Les fréquences et la gravité ont été relevées aux 30, 40 et 65 jours.

Des semenceaux du cultivar sensible, Obunaenyi, pesant chacun de 25 à 40 g, ont été placés pendant une demi-heure dans le Chlorox à 40 % et plantés en terre autoclavée dans des pots en plastique de 10 × 10 cm. Vingt-quatre d'entre eux ont été trempés dans une solution de spores de sp. *Colletotrichum*, à raison de $4{,}2 \times 10^6$ spores/ml avant d'être plantés et des spores ont été inoculées dans la terre de 24 autres pots. Les 24 pots restants ont reçu de l'eau distillée. Les traitements ont été reproduits en 6 exemplaires, chacune des parcelles fournissant quatre pots.

Les parties végétales malades, tiges, feuilles et pétioles, conservées dans des pots contenant de la terre stérilisée ont été soumises à différentes conditions atmosphériques ordinaires, d'août 1979 jusqu'à avril 1980. Soixante pots en plastique de 10 × 10 cm contenant chacun 400 g de terre autoclavée ont reçu des semenceaux d'igname stérilisés (au Chlorox à 40 %) et pesant de 20 à 30 g chacun. On a effectué trois traitements, chacun reproduit au quadruple, à raison de 5 pots par parcelle. Ces traitements portaient, l'un sur des tiges et des pétioles d'igname infectés, un autre sur des feuilles infectées seules, et le dernier sur des copeaux non infectés (témoins) : ces derniers utilisés comme paillis sur les pots qui étaient arrosés quatre fois par semaine.

Résultats

Symptômes relevés dans le champ

Dans le champ, nous avons constaté que les feuilles, pétioles et tiges de *D. alata* ont contracté l'anthracnose. L'apparition à la fin d'avril et en mai de petites taches brunes, rondes ou irrégulières sur les feuilles, a coïncidé avec les premières pluies. Dans ces taches brunes nous avons souvent pu isoler sp. *Colletotrichum*. Les taches, la plupart du temps entourées d'un halo jaunâtre, s'agglomeraient pour former des zones nécrotiques. La face inférieure des feuilles était généralement envahie la première, en particulier chez les feuilles les plus près du sol. Plus tard, l'infection s'est aggravée dans les plantations qui n'avaient pas été tuteurées tôt. Les feuilles, mûres ou immatures, se sont montrées sensibles, mais l'infection partait du bas et remontait vers le haut des plants (Tableau 1). Le pourcentage des feuilles infectées dans les 2 premiers cm était nettement ($P = 0{,}01$) plus élevé qu'entre 20 et 40 cm et 40 et 60 cm de hauteur sur les tiges.

Tableau 1. Pourcentage de feuilles d'igname infectées à trois hauteurs à partir du sol, 80 jours après la plantation (moyenne de 5 peuplements).[a]

	0–0,2 m	0,2–0,4 m	0,4–0,6 m
	29	26,9	16,17
	15,7	4,9	0,0
	43,20	10,20	10,30
	19,70	5,0	6,50
	32,70	16,0	9,40
	26,70	12,10	9,10
Moyenne	27,83	12,52	8,67

a) Erreur normalisée = 5,4998. DMS (0,01) = 10,06.

Les taches, brun foncé à noir, sur les tiges se sont étendues et agglomérées, tournant au noir brillant dans la plupart des cas. Sur les pétioles, l'infection prenait naissance sous forme de minuscules taches brun noirâtre, à la base du limbe et au point d'attache du pétiole à la tige. En s'agglomérant, ces taches provoquaient le racornissement des feuilles et leur abscission prématurée. L'infection des tiges débutait par les membranes alifères et s'étendait à la tige même. Le plus souvent, la partie supérieure de la pousse se dégageait de la section nécrosée, conservant quelques feuilles saines à son extrémité.

Dans certains cas très prononcés, la défeuillaison s'est poursuivie jusqu'au bout des pousses, entraînant la mort des plants. Après la mort, de nouvelles pousses sont apparues à la base, mais la plupart sont mortes également. Le processus s'est poursuivi jusque vers le mois d'août et a complètement arrêté la formation des tubercules. Les jeunes plantations se sont montrées plus sensibles lorsque l'humidité était très élevée.

La réaction des différents cultivars à la maladie a quelque peu varié. Chez les plus tolérants, les vieilles feuilles ont été affectées vers la fin de la saison. Pour le cultivar Um 680, l'infection s'est interrompue, tandis que chez Ominaelu, elle a été parfois restreinte à des taches comme des piqûres d'épingle, avec zones malades entourées d'un halo brunâtre bien visible, évoquant une hypersensibilité.

Expériences d'isolement

À l'époque des premiers isolements, l'examen au microscope des lésions brunâtres mesurant de 0,3 à 3 mm n'a pas révélé d'acervules (soies), mais 80 % des colonies résultantes ont produit seulement sp. *Colletotrichum* (identifié par le Commonwealth Mycological Institute, London), et 20 % ont produit des *Botryodiplodia theobromae* (Tableau 2). Au cours d'expériences ultérieures utilisant des lésions plus importantes (3,5 mm de diamètre) nous avons isolé sp. *Botryodiplodia* plus souvent (60 % des cas) que *Colletotrichum*. Dans les lésions encore plus considérables, dépassant 5 mm, particulièrement en pleine saison de pluies, nous avons isolé *Botryodiplodia theobromae*, sp. *Colletotrichum*, sp. *Fusarium*, sp. *Curvularia*, sp. *Pestalotiopsis*, sp. *Synchephalastrum racemosum* et *Scopulariopsis fusca*. *Botryodiplodia theobromae* a été plus souvent isolé et la proportion des colonies de sp. *Colletotrichum* est tombée peu à peu à 10 %. Cependant, on a observé une plus grande abondance de soies sur les lésions et un nombre plus élevé d'organismes ont été attirés vers les lésions causées par sp. *Colletotrichum*. Pour les cultivars résistants Um 680 et Ominaelu, très peu de lésions ont livré des *Fusarium* et *Colletotrichum*.

Il s'est donc avéré que ces organismes, à l'état isolé ou en nombre, sont couramment associés à sp. *Colletotrichum*.

Le fongus *Colletotrichum* se développe bien sur agar dox de Czapek et sur la préparation de culture Martin, avec sporulation abondante. Le mycelium est cloisonné, ramifié, diaphane à l'état jeune, les parois s'épaississant, devenant foncées et le cytoplasme plus dense en vieillissant. Par l'entrelacement serré des hyphes à parois épaisses il y a formation de stromas noirs. Les acervules, brunâtres au naturel deviennent brun foncé en culture, se multiplient en forme de sphère ou de soucoupe. Ils se forment sur les stomates, sous la cuticule, par élaboration d'une couche palisadique de conidiophores courts, diaphanes qui rupturent la cuticule. Éparses dans l'acervule se trouvent de nombreuses soies foncées à parois épaisses qui ne portent pas de conidies. Les conidies sont diaphanes, non cloisonnées, à extrémités arrondies certaines d'entre elles avec des globules réfractifs proéminents aux deux bouts. Elles sont acrogènes, bourgeonnant une à la fois à l'extrémité des conidiophores ; elles mesurent 15–30 × 3–5 µm.

Sp. *Colletotrichum* peut infecter les deux surfaces des feuilles intactes mais la surface inférieure est la plus sensible. Dans nos études nous avons noté que les lésions des feuilles s'infectaient plus aisément ; 10 % des feuilles intactes ont montré des signes d'infection sur leur face supérieure, et 62 % sur la face inférieure. Pour les feuilles porteuses de lésions, les pourcentages correspondants ont été de 32 et 66.

Interaction des isolats

Botryodiplodia theobromae et sp. *Colletotrichum*, inoculés séparément sont des pathogènes en puissance pour les plantes-hôtes, mais non pas le *Fusarium*. Les *Colletotrichum*, *Botryodiplodia* et *Fusarium* ou *Colletotrichum* et *Botryodiplodia*, dans l'une ou l'autre de ces combinaisons causent de sérieuses infections. Même les pétioles et les tiges

Tableau 2. Organismes isolés des lésions de différentes dimensions.

Cultivar	Diamètre des lésions (mm)	Couleur des lésions	Lésions examinées	Organismes isolés	(%) de chacun
Obuyaenyi	0,3–3	Brun avec ou sans halo jaune	100	*Colletotrichum*	80
				Botryodiplodia	20
	3–5	Brun avec ou sans halo jaune	100	*Colletotrichum*	40
				Botryodiplodia	60
	>5	Brun à noir	100	*Botryodiplodia*	30
				Colletrotichum	15
				Fusarium	20
				Pestalotiopsis	5
				Syncephalastrum	5
				Scopulariopsis	5
				Curvularia	2
UM 680	0,3–5	Brun	50	*Colletotrichum*	14
				Fusarium	
Ominaelu	0,1–0,5	Brun	50	*Colletotrichum*	8

peuvent être affectés. Les lésions sont brun foncé. Dans nos études, nous avons isolé à nouveau *Colletotrichum* et *Botryodiplodia* partout où ils avaient été inoculés, mais nous n'avons isolé le *Fusarium* que dans les lésions avancées des plants inoculés avec les trois organismes. Les tableaux 3 et 4 indiquent aussi que le nombre de feuilles et de pétioles affectés ainsi que le nombre de lésions causées sur les feuilles lorsqu'on leur inoculait simultanément *Colletotrichum*, *Botryodiplodia* et *Fusarium* était plus élevé que pour toute autre combinaison, mais que le *Fusarium* ne paraissait pas y contribuer.

Pénétration par le colletotrichum

Les spores de sp. *Colletotrichum* sur les feuilles excisées des plants ayant subi les vaporisations ont germé dans les 3 à 5 heures suivant l'inoculation. Les spores ont émis des tubes terminaux et latéraux producteurs de germes. Peu d'appresseurs se sont formés dans les 46 h. Les tubes n'ayant pas formé d'appresseurs ont continué à se développer et à se ramifier abondamment.

L'infection de *D. alata* a résulté de la pénétration de l'épiderme par l'intermédiaire d'appresseurs. On a également observé que des hyphes pénétraient les stomates sans formation d'appresseurs. Cependant, la plupart du temps, l'infection résultait de la pénétration directe de pointes infectieuses provenant d'appresseurs. Ces hyphes, sans appresseurs, ne traversaient que les stomates.

Études sur la transmission

Nous avons révélé que l'anthracnose pouvait se transmettre et par le sol et par les tubercules. Bien

Tableau 3. Comparaison des feuilles du cultivar Obunaenyi après inoculation avec des isolats, seuls ou combinés.[a]

Inoculation	% moyen de feuilles infectées	% moyen de pétioles infectés
Colletotrichum	16b	16de
Colletotrichum, *Botryodiplodia*	54a	68c
Colletotrichum, *Fusarium*	18b	36d
Colletotrichum, *Fusarium*, *Botryodiplodia*	58a	60c
Fusarium	0bc	0e
Botryodiplodia	16b	18de
Eau distillée	0bc	0e

a) Les moyennes entre organismes pour chaque inoculation non suivies de la même lettre dans la colonne verticale sont significativement différentes (Test de Duncan à portée multiple (P = 0,01)).

Tableau 4. Nombre et dimensions des lésions produites sur des feuilles inoculées par diverses combinaisons d'isolats.

Inoculation	Lésions/ feuille[a]	Dimensions des lésions (mm)[b]
Colletotrichum	5	0,1–4
Colletotrichum, *Botryodiplodia*	14	0,5–15
Colletotrichum, *Fusarium*	6	0,2–3
Colletotrichum, *Fusarium*, *Botryodiplodia*	12	0,1–20
Fusarium	0	0
Botryodiplodia	3	0,1–3
Eau distillée	0	0

a) Moyenne de 50 feuilles.
b) Mesure de 100 lésions par traitement. Les lésions produites par les combinaisons mesuraient jusqu'à 15 et 20 mm de diamètre.

que dans le traitement avec tubercules sains en sol infecté (20,73 %) le nombre de cas n'ait pas été très différent de celui des deux autres traitements, soit : tubercules infectés et sol autoclavé (20,51 %) ; et tubercules infectés et sol infecté (24,13), il semble que dans le cas des tubercules infectés en sol infecté, on ait relevé le plus d'infection. Les tubercules sains en sol autoclavé ont exhibé, dans une plantation (0,53 %), des symptômes qui pouvaient provenir d'une infection par croisement.

Dans une autre expérience simultanée, comportant des tubercules et un sol inoculés artificiellement, les symptômes sont apparus plus tôt (45 jours après la plantation) dans les traitements comportant l'inoculation des tubercules, que dans ceux comportant l'inoculation du sol (60 jours), ce qui explique la différence dans le degré d'infection, au terme des expériences (75 jours) (Tableau 5).

L'aptitude des organismes responsables de l'anthracnose à survivre dans les détritus de l'hôte a été confirmée (Tableau 6). Toutes les parties du plant atteint : feuilles, pétioles, tiges, abritent le pathogène, mais les pétioles et les tiges retiennent plus d'inoculum que les feuilles. Un peuplement a été infecté dans la parcelle-témoin, sans doute par infection croisée.

Tableau 5. Effet de l'inoculation des tubercules et du sol avec sp. *Colletotrichum* sur le pourcentage d'infection.[a]

Jours après plantation	Tubercules inoculés	Sol inoculé	Témoin
30	0	0	0
45	10	0	0
60	25	5	0
75	40	20	0

a) Tous les chiffres d'après six répétitions.

Tableau 6. Infection (% des plants) par transmission par voie des détritus (tiges, pétioles, feuilles).[a]

Source	% moyen de peuplements infectés	% moyen de pétioles infectés/ peuplement	% moyen de feuilles infectées/ peuplement
Litière de feuilles	35b	0,35b	1,06
Copeaux	5bc	0b	0,05bc
Humus de pétioles et de tiges	65a	3,1a	3,15a

a) Les moyennes suivies de la même lettre dans la colonne verticale ne sont pas significativement différentes d'après le test à portée multiple de Duncan (P = 0,01) pour toutes les valeurs.

Discussion

Les symptômes observés dans le champ indiquent que l'intensité et l'étendue de la maladie sont caractéristiques de l'environnement propre au pathogène et à l'hôte. La tige de l'igname continue de croître pendant toute la saison des pluies même après l'abscission prématurée des premières feuilles attaquées ; le plant entier ne meurt pas immédiatement, de nouvelles feuilles se formant constamment pour le nourrir. Cependant, dans des conditions de milieu défavorables, même les jeunes plants périssent lorsqu'ils sont attaqués.

Certains rapports se contredisent quant aux résultats obtenus en inoculant sp. *Colletotrichum* aux hôtes végétaux. C'est ainsi, par exemple, que Jones et Vaughan (1921) ont eu des résultats positifs en inoculant dans le champ le *Colletotrichum pisi* à des feuilles et à des tiges de pois (*pisum sativum*), tandis que, pour Antonova (1940), il lui avait été difficile d'infecter des semis de pois, et il n'y avait réussi qu'en présence de lésions. Depuis longtemps, on considérait le fongus *Colletotrichum phomoïdes* comme un pathogène des lésions des tomates mûres. Arthur (1885) et Halsted (1892) n'avaient réussi à transmettre le maladie d'une tomate mûre à une autre qu'en provoquant des lésions chez les fruits à inoculer. Doolittle (1943) n'en a pas moins démontré que *C. phomoïdes* peut infecter les tomates intactes. Nos propres résultats confirment que sp. *Colletotrichum* isolé de lésions sur *D. alata* peut infecter les feuilles intactes, bien que les feuilles blessées soient plus sensibles. L'infection a été plus prononcée sur la face inférieure de la feuille que sur la face supérieure, en raison de la facilité de pénétration que présentent les stomates, qui, chez l'igname d'eau ne se trouvent que sur la surface éloignée de l'axe. Cependant, on a constaté que cet organisme pouvait pénétrer la cuticule intacte.

C. gloeosporioïdes a été mentionné comme l'agent causatif de l'anthracnose de l'igname d'eau, bien que Jackson et Newhoot (1978) aient mis en cause à la fois *C. gloeosporioïdes* et *R. solani*. Nos propres expériences d'isolement et d'inoculation ont cependant indiqué que, même si sp. *Colletotrichum* peut se rencontrer à l'état de pathogène indépendant sur les feuilles, il ne cause pas d'infection grave sur les pétioles et les tiges (Tableau 3). *B. theobromae*, également, vit en pathogène indépendant sur les feuilles d'igname sans y créer de symptômes d'anthracnose. Le fait qu'on ait rencontré constamment *B. theobromae* associé à *Colletotrichum* dans le champ et lors de graves infections permet de croire que ce dernier est un parasite faible, qui ne devient virulent qu'associé à un ou plusieurs des organismes isolés.

Ainsi donc, sp. *Colletotrichum*, sur l'igname d'eau, n'est pas sans ressemblance avec d'autres

organismes de l'anthracnose. Par exemple, on trouve le *C. coffeanum* sur les rameaux vivants ou moribonds du caféier, mais le facteur prédisposant primaire du dépérissement est la défoliaison prématurée des plants, imputable à l'*Hemileia vastatrix* (Mayne 1935). Roberts (1918) a couramment isolé *G. cingulata* des chancres de tiges de pommiers ayant pour cause d'autres pathogènes ; l'organisme cause de l'anthracnose du coton (*G. gossypii*) produit des lésions plus nombreuses et plus typiques lorsqu'il est associé à *Phytomonas malvacearum*, responsable de la tache angulaire des feuilles (Weindling et Miller 1941) ; et on rencontre fréquemment *C. gloeosporioïdes* sur les agrumes sans qu'il ne devienne un parasite actif (Clausen 1912).

Pour combattre l'anthracnose de l'igname d'eau, on doit tenir compte de l'origine de l'inoculum. D'après nos propres résultats, il semble bien que l'inoculation par l'entremise du sol comme par celle du tubercule soit étiologiquement importante. Bien que chacune des deux sources contribue à la phase initiale du syndrome pathologique, les informations dont nous disposons sur l'infection, naturelle ou artificielle, par les tubercules ou par le sol, permettent de croire que la transmission de l'inoculum par les tubercules pourrait être la plus importante (Tableau 4). L'explication pourrait être que, dans le tubercule inoculé, l'organisme est sans doute établi dès le début même de la germination, alors que dans l'inoculation par le sol ce dernier agit comme une barrière et retarde ainsi l'infection. Une autre source importante d'inoculum est les détritus de l'igname (tiges, pétioles et feuilles infectées). Les résultats de cette étude indiquent que les parties infectées de l'igname peuvent être autant de sources d'inoculum (Tableau 6). Les organismes intervenant dans le syndrome de la maladie peuvent survivre aux saisons nigérianes, possiblement à l'état de spores dans les détritus de la récolte précédente. Les tiges et les pétioles constituent une source plus durable d'inoculum que les feuilles, sans doute parce qu'ils se décomposent moins vite. Il est très vraisemblable que l'infection qui se déclarera dans les champs au cours de la prochaine saison de pluies ait pour origine non seulement les matériels de plantation (semenceaux) mais le sol et les détritus végétaux.

Les tubercules peuvent s'infecter dans les champs au moment de la récolte, souvent par les détritus, et se conserver dans cet état jusqu'à la plantation suivante. Il semble qu'on pourrait réduire la fréquence de la maladie en débarrassant le sol des déchets, en stérilisant les tubercules de semence avec un désinfectant approprié, et peut-être par la rotation des récoltes.

Cet exposé a été parrainé par la Fondation internationale pour la science (FIS) dont le siège est à Stockholm. Nos remerciements vont à l'ancien directeur de l'Institut national de recherche pour les plantes-racines, à Umudike, M. B.E. Onochie, qui a pris l'initiative de ce programme, et au directeur actuel, M. L.S.O. Ene qui a autorisé la publication de cet exposé. Nous sommes également reconnaissants à M.E. Terry (IITA, Ibadan) pour le précieux concours qu'il nous a accordé avant de commencer ce travail, ainsi qu'au personnel technique qui y a contribué. Enfin, nous remercions le personnel du Commonwealth Mycological Institute, de Londres, qui a identifié les organismes.

Stratégies de recherches pour l'amélioration de l'igname en Afrique

I.C. Onwueme

Département des cultures vivrières, Université d'Ife, Ile-Ife (Nigéria)

Mise en évidence de divers problèmes limitant la production d'ignames en Afrique et stratégie de recherche proposée pour leur solution. Les travaux pénibles requis pour la plantation et la récolte peuvent être allégés par la mécanisation. Le tuteurage si exigeant en main-d'oeuvre devrait être supprimé et des recherches agronomiques effectuées dans ce but. A cause de sa sensibilité aux mauvaises herbes, un traitement global herbicide devrait être déterminé afin d'éliminer les sarclages ; la stratégie de recherche pour la sélection d'ignames devrait être orientée sur des types à tubercules ovoïdes, à périderme épais, à rendement optimal, à taux de reproduction élevé et possédant une bonne résistance à la maladie et la propriété de croître sans tuteur. La stratégie de réduction de perte en cours d'entreposage devrait porter sur la sélection de cultivars à périderme épais qui se conservent bien à des températures de 0 à 10 °C. De même, de nouveaux traitements économiques devraient être mis au point afin de réduire le stockage de tubercules verts. Cependant, la mise en oeuvre des stratégies de recherche proposées ci-dessus pour l'Afrique est compromise par diverse attitudes sociales vis-à-vis de l'igname dont la plus grave est le refus de la part des gouvernements et des agences de recherche de poursuivre des études sur cette plante. Il faut donc corriger cette situation pour solutionner les problèmes relatifs à la culture de l'igname.

The various problems confronting yam production in Africa are highlighted, and research strategies are suggested for solving these problems. The problems of laborious planting and harvesting can be solved through mechanization. Staking, with its high labour consumption, should be discontinued and agronomic research done to make yam yield well without staking. Researchers can tackle the weed problem by developing a herbicide package that requires no supplemental weeding. The research strategy for yam breeding should aim at types with ovoid tubers, thick tuber periderm, high yield, good disease resistance, a high multiplication ratio, and the ability to yield well without stakes. The strategy for reducing storage losses should include selections of cultivars that have thick periderms and store well at temperatures of 0–10°C. Also the development of economic processed forms of yam will lessen the need to store the fresh tuber. Certain social phenomena peculiar to yam in Africa now threaten the implementation of the research strategies suggested. The most crucial of these phenomena is the lack of will on the part of governments and research agencies to execute yam research. Since the problems associated with yam will remain, unless tackled, this lack of will must be reversed.

L'igname est le cauchemar des économistes agricoles, les problèmes les plus sérieux que soulève sa culture étant effectivement d'ordre économique. On peut mentionner parmi eux ses exigences en main-d'oeuvre, son faible rendement relatif et le manque de moyens d'entreposage pour la conservation de la récolte. Les stratégies de recherches concernant l'igname doivent inévitablement s'orienter vers la solution de ces problèmes, seule manière d'assurer finalement aux consommateurs les quantités nécessaires d'ignames de meilleure qualité à un prix raisonnable.

Les travaux les plus exigeants en main-d'oeuvre dans le cas de l'igname sont la plantation, les sarclages, le tuteurage et la récolte (Onwueme, 1978a). Dans la plantation traditionnelle, notamment, la préparation du sol et la mise en place des semenceaux s'effectuent à la main ou avec des outils manuels. Les efforts des chercheurs devront donc porter sur les moyens mécaniques propres à alléger ou à supprimer tout ce travail. L'adoption des billons formés à la machine, à la place des buttes élevées à la main, a déjà permis de sérieuses économies de main-d'oeuvre dans certaines régions de l'Afrique. Les recherches se poursuivent de plusieurs côtés pour mettre au point des machines capables, en une seule opération, de tracer les billons, de mettre en place les semenceaux et de les recouvrir.

La récolte de l'igname en Afrique s'effectue aujourd'hui presque entièrement à la main, tâche à la fois fastidieuse et exigeante en main-d'oeuvre, pour plusieurs raisons. En effet, l'igname est générale-

ment entreposée pendant plusieurs mois. Pour faciliter sa conservation, on doit surtout éviter de meurtrir les tubercules, ce qui exige de la part des cultivateurs beaucoup de précautions à l'arrachage et dans les manipulations. Ensuite, vu la préférence des cultivateurs comme des consommateurs pour les gros tubercules, les plants sont généralement enterrés assez profondément, ce qui exige à la récolte un effort supplémentaire pour les extraire du sol. Du reste, il semble bien que l'igname réagit favorablement à de meilleurs procédés culturaux en produisant de plus gros tubercules plutôt qu'un plus grand nombre de racines. Ainsi, donc, les modestes progrès réalisés sur le plan agronomique ont, paradoxalement, augmenté le travail en accroissant la profondeur de plantation des tubercules et, conséquemment, la difficulté de leur arrachage. Enfin, plusieurs cultivateurs pratiquent une double récolte de leurs plants d'ignames, une première fois 3 mois environ avant sénescence, et une deuxième fois après sénescence. Il a été amplement démontré (Onwueme, 1977a,b) que cette pratique n'augmente pas le rendement total en tubercules tout en exigeant deux fois plus de temps et de travail que la récolte en une fois.

Comme pour la plantation, la recherche devra tendre à mettre au point des procédés mécaniques de récolte appropriés. Les progrès en ce sens dépendront également de l'obtention par sélection génétique de cultivars à tubercules ovoïdes et à peau épaisse, de l'abandon progressif des gros tubercules en faveur de plus petits qui se prêteront mieux et plus économiquement à la récolte mécanique et, enfin, de la suppression de la double récolte.

Il est reconnu que le tuteurage est avantageux pour la réussite de l'igname (Waitt, 1960 ; Chapman, 1965 ; Lyonga et alii, 1973), en particulier sous les tropiques humides où l'ensoleillement est réduit. Le tuteurage a cependant l'inconvénient d'être laborieux, coûteux et difficilement mécanisable (Onwueme, 1978c). En outre, la déforestation qui va en s'accentuant complique l'approvisionnement en tuteurs. Un progrès en ce sens consisterait à améliorer le tuteurage en adoptant par exemple un système de treillis (Campbell, 1967 ; Ministère de l'agriculture, Fidji, 1979). Certains estiment, d'autre part (Onwueme, 1978a, b) que même ce système est trop onéreux (40 % du coût de production total à Fidji) et que la solution serait plutôt la suppression du tuteurage dans la production de l'igname. Une fois prise cette décision, il resterait à se procurer, par des expériences agronomiques, des variétés d'igname pouvant se passer de tuteurs tout en conservant des possibilités de rendement maximal. Il importe, bien entendu, que l'économie éventuelle due à l'abandon du tuteurage dépasse toute perte qui pourrait résulter d'une diminution du rendement en tubercules.

L'orientation évidente dans la lutte contre les plantes adventices doit être la recherche d'un herbicide chimique approprié, recherche que rendent particulièrement compliquée certaines caractéristiques de l'igname : tout d'abord le délai entre la plantation et la levée des tubercules peut se prolonger pendant 1 à 4 mois, période durant laquelle tout traitement herbicide administré au moment de la plantation perdrait inévitablement beaucoup de son efficacité avant l'émergence des pousses. Par ailleurs, un herbicide appliqué juste avant la levée devrait pouvoir venir à bout de la végétation adventice issue depuis la plantation. Deuxièmement, dans les plantations commerciales courantes (qui utilisent les têtes, les queues, la section médiane ou les tubercules entiers), la levée est extrêmement échelonnée, et il s'écoule parfois un long délai entre son début et sa fin. Il est impossible d'établir avec précision l'époque d'émergence d'une parcelle (sauf en mathématique), de sorte qu'on peut difficilement prévoir un traitement herbicide qui précéderait juste ce moment. Troisièmement, le développement des parties aériennes chez certains cultivars d'igname étant relativement peu rapide, la végétation parvient difficilement à couvrir le sol, et l'herbicide a souvent le temps de perdre son efficacité avant qu'elle n'y parvienne. Enfin, l'igname est une récolte de longue durée et il existe peu d'herbicides dont l'action puisse se prolonger pendant tout le temps où elle occupe le sol.

On a recommandé comme herbicides pour l'igname le diuron, le linuron et l'amétryne (Kasasian et Seeyave, 1967 ; Renault et Merlier, 1973 ; Akobundu, 1977), mais la plupart des observateurs recommandent un sarclage supplémentaire à la main, en fin de cycle, lorsque l'effet des herbicides s'est atténué. Cette situation n'est pas satisfaisante. L'effort ultime devrait porter sur la mise au point d'un herbicide global applicable en un seul traitement et dont l'efficacité perdurerait pendant toute la saison. À l'université d'Ife (Nigéria) on a réalisé d'importants progrès en vue de conjuguer ce genre d'herbicide et la culture de l'igname sans tuteurage (Onwueme et Fadayomi, 1980 ; Oriuwa et Onwueme, 1980).

Certains problèmes qui ne peuvent être résolus par des moyens culturaux devront l'être par la sélection génétique de l'igname. En ce sens, la stratégie d'ensemble devrait s'attacher à l'obtention de cultivars réunissant le plus grand nombre possible de caractères désirables. Comme pour toutes les autres plantes cultivées, ces caractères devraient comporter un rendement élevé, une bonne résistance aux maladies et de bonnes propriétés culinaires du produit récolté. Pour l'igname en particulier, il faudrait ajouter des tubercules de forme ovoïde à périderme épais, qui réduiraient au minimum les meurtrissures à la récolte et amélioreraient les qualités de

conservation ; également, une teneur relativement élevée en protéine et l'aptitude à donner un bon rendement même à partir de petits semenceaux (c.-à-d. un rapport de multiplication élevé). Les possibilités de l'igname de produire abondamment sans l'aide de tuteurs varient d'un cultivar à l'autre ; elles devraient également faire l'objet de la sélection. On devrait, enfin, s'attacher à obtenir des cultivars n'exigeant qu'une brève période de végétation. Ce caractère permettrait au cultivateur d'obtenir une autre récolte de courte saison (p. ex. le niébé ou le maïs), précédant ou suivant l'igname, pendant la même saison culturale ; à présent l'igname occupe le sol pendant la période entière.

Un problème essentiel dans l'amélioration de l'igname, est la dégénérescence des caractères sexués. La floraison est irrégulière, l'hybridation difficile, et la production de semences aléatoire. Certaines variétés, comme *Dioscorea cayenensis* ne produisent généralement que des fleurs mâles, et divers cultivars ne fleurissent jamais. Pour certains cultivars et espèces, les techniques génétiques classiques échouent complètement et le généticien doit se lancer dans le domaine plus ésotérique de la reproduction par mutation et de la culture des pollens. Très peu de laboratoires, en Afrique, peuvent adopter pareilles techniques. Heureusement, toutefois, il existe encore en Afrique une grande variabilité naturelle des types d'ignames et on devrait ainsi pouvoir réaliser d'importants progrès par le seul processus d'une sélection judicieuse des plants.

À propos de cette sélection, il est heureux pour le producteur africain qu'aucune des maladies les plus courantes de l'igname n'ait présenté jusqu'ici de caractère débilitant. Cependant, la situation semble vouloir se modifier et l'on a découvert quelques maladies qui pourraient détruire la récolte. L'anthracnose, notamment, ou « brûlure » en est un bon exemple ; celle-ci a pris de l'importance, ces dernières années, pour *D. alata*, en Afrique occidentale. Certains des cultivars utilisés se sont révélés résistants et les recherches se poursuivent en divers centres sur les méthodes de lutte qui s'imposent contre une affection aussi grave. Pour les maladies moins sérieuses, les scientifiques devront tenir compte de l'ampleur des pertes de rendement qui leur sont imputables et décider si les mesures à envisager se révélaient économiques.

La plupart des producteurs conservent l'igname à l'état frais et, pendant son entreposage, une partie de la récolte se perd invariablement à cause surtout des maladies et des insectes, mais également par germination, respiration et déshydration des tubercules.

Ce problème des pertes en cours de stockage nécessite une stratégie coordonnée des recherches, depuis le point de départ dans les champs jusqu'au point d'arrivée sur la table du consommateur. Dans le champ, la récolte de l'igname doit s'effectuer en meurtrissant le moins possible les tubercules. Si la récolte peut être mécanisée, on adoptera des cultivars sélectionnés pour leurs tubercules de forme ovoïde et à épiderme épais. Divers traitements avant l'entreposage, tels que le séchage ou le trempage des tubercules dans un désinfectant ont obtenu quelque succès (Adesuyi, 1973) et pourraient être approfondis. On a préconisé le recours aux rayons gamma pour prolonger la durée de conservation des tubercules (Adesuyi, 1973, 1976) et le procédé semble très prometteur.

Les recherches sur les conditions les plus favorables à la conservation durable de l'igname se sont heurtées à un inconvénient aux tempérautres inférieures à 10 °C, environ, l'igname entreposée dégénère et tourne au brun. À cette température, la respiration et la germination ainsi que l'activité microbienne restent cependant assez élevées pour nuire à la conservation des tubercules. Peut-être, dans ce cas-ci, devrait-on rechercher des cultivars pouvant se conserver juste un peu au-dessus de 0 °C sans brunissement des tubercules. À cette température, les principaux facteurs à l'origine des pertes en entreposage seraient effectivement neutralisés.

Un autre moyen de réduire ce déchet serait de recourir à diverses transformations de l'igname qui permettraient de n'entreposer qu'une faible partie de la récolte à l'état frais. Les produits ainsi obtenus, non seulement seraient moins exposés à se détériorer, mais aussi moins volumineux et donc plus faciles à conserver et à transporter. On a déjà fait l'essai, sur les marchés africains, de diverses farines d'igname dont on peut ensuite obtenir une pâte semblable à celle de l'igname pilée, et qui sont pour la plupart plus pratiques, sinon plus économiques, que le produit obtenu du broyage des tubercules frais. On devrait encourager les recherches dans cette direction pour offrir aux consommateurs des produits préparés, se conservant à l'état sec et pouvant se reconstituer avec très peu d'efforts en un assortiment de mets comme ceux obtenus des tubercules frais.

Les progrès qu'on peut attendre de la recherche et de la production de l'igname en Afrique dépendront de la mesure dans laquelle on pourra concilier les diverses stratégies que nous venons d'évoquer. Toutefois, trois phénomènes sociaux relatifs à l'igname paraissent l'emporter sur ces considérations, voire même menacer la mise en oeuvre de stratégies rationnelles de recherche et de production. On devra donc élargir le champ d'action de façon à surmonter ces obstacles.

Le premier de ces obstacles est la nette préférence des consommateurs, dans la plupart des régions africaines envers les gros tubercules. Cette préférence affecte divers aspects de la production de l'igname à un degré dont on se rend peu compte, en général, et

qui laisse même planer des doutes sérieux sur les possibilités de rationaliser l'ensemble de la production. Nous en dirons un mot ici :

- On ne peut obtenir de gros tubercules que de gros semenceaux dont les rapports de multiplication sont inférieurs à ceux des petits (Onwueme, 1978b). Ainsi, le problème majeur posé par le faible rapport de multiplication de l'igname, en général, est encore aggravé.
- Les gros semenceaux mis en terre pour obtenir de gros tubercules donnent des plants qui poussent vigoureusement (Onwueme, 1972). Cette végétation abondante a besoin de tuteurs pour s'étaler pleinement, faute de quoi les feuilles s'ombragent trop mutuellement.
- Les gros tubercules tendent à se soulever et à se découvrir lorsqu'ils sont plantés à plat ou sur billons bas. Les buttes, que l'on peut élever aussi haut que l'on veut, préparent idéalement le sol à produire de gros tubercules. C'est pourquoi de nombreux cultivateurs traditionnalistes continuent de cultiver l'igname sur des buttes qui s'opposent à toute mécanisation du travail, malgré l'existence de machines qui préparent les billons.
- Les gros tubercules pénètrent dans le sol à de plus grandes profondeurs moyennes que les petits. La récolte en est donc plus pénible et les risques de meurtrir les tubercules plus élevés. Les tubercules meurtris sont beaucoup plus exposés à pourrir pendant leur conservation.
- Les perspectives qui s'ouvrent à la mécanisation de la récolte de l'igname sont réduites d'autant si l'objectif recherché est la production de gros tubercules. Il est beaucoup plus facile de concevoir une arracheuse pour des tubercules moins enterrés, plus petits et moins fragiles que les gros tubercules qui font encore prime sur les marchés.

Ainsi donc la préférence des consommateurs envers les gros tubercules se répercute depuis la plantation jusqu'à l'entreposage. Le moyen de contourner une habitude aussi invétérée est la poursuite énergique des recherches sur l'igname, qui pourront seules en venir à bout. Une fois que la production (y compris la récolte) de tubercules plus petits aura été facilitée par la mécanisation des opérations, leur prix aura baissé dans de telles proportions que, par simple souci d'économie, les consommateurs devront modifier leurs préférences. De plus, si ces derniers prenaient l'habitude de consommer plus souvent l'igname sous forme de produits dérivés, la grosseur des tubercules ne serait plus qu'un facteur très secondaire.

La deuxième phénomène social concernant l'igname, en Afrique, est la résistance des cultivateurs à toute nouveauté même lorsque les progrès de la recherche leur offrent des méthodes plus pratiques et plus économiques. À vrai dire il en a toujours été ainsi, plus ou moins, pour tous les cultivateurs et pour toutes les récoltes. Mais en Afrique, ces sentiments atteignent presque l'hostilité. La raison en est peut-être que beaucoup d'espèces d'ignames sont originaires de l'Afrique et que leur culture a plus ou moins évolué dans ces régions au cours des temps. Les cultivateurs traditionnels se considèrent donc comme des experts dans sa production et font peu de cas des recommandations venant de chercheurs. Pour les récoltes non indigènes, comme le cacao ou le riz, ils se montreront plus réceptifs aux innovations et aux conseils mais pour l'igname, ce semble bien être tout le contraire. Avec de la patience et en démontrant les avantages des méthodes qu'ils prônent, les chercheurs parviendront sans doute, avec le temps, à vaincre ces résistances.

Le troisième écueil d'ordre social, et sans doute le plus dangereux pour la recherche sur l'igname et sa production, est le manque de volonté de la part de nombreux organismes qualifiés, de s'y adonner avec le zèle nécessaire. Cela est vrai en Afrique comme ailleurs également. Sans doute la raison en est-elle que l'igname est une récolte aux composantes très complexes. Les instituts et les pouvoirs publics sont plus enclins à consacrer leurs efforts et à affecter leurs ressources à des récoltes susceptibles de produire des résultats plus rapides. Même les scientifiques isolés préfèrent s'intéresser à des plantes moins compliquées. C'est ainsi qu'il y a en Afrique pléthore de généticiens qui travaillent sur le maïs, le riz, la tomate et le niébé dont ils peuvent obtenir deux ou trois générations expérimentales par an, tout en puisant dans l'immense somme d'informations recueillies à leur sujet par des scientifiques d'autres pays plus avancés. Comparativement, combien y a-t-il en Afrique, d'où provient 98 % de la production mondiale de l'igname, de chercheurs spécialistes de cette culture? Bien peu, à coup sûr, veulent risquer de se brûler les doigts en s'occupant d'une plante à cycle végétatif aussi long, sexuellement irrégulière et sur laquelle on est toujours mal renseigné. L'ironie de la situation actuelle est que la culture de l'igname restera difficile jusqu'à ce qu'on se décide un jour à s'attaquer aux problèmes que nous venons d'évoquer et dont il faudra bien trouver la solution. La stratégie qui s'impose avant tout en Afrique, au sujet de l'igname, commence donc par la volonté d'aborder les recherches indispensables. Faute de quoi toutes les autres mesures n'auront que des effets négligeables.

ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ CRÉÉE PAR LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ORGANE DE MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE CHEZ *DIOSCOREA ALATA*

N. AHOUSSOU ET B. TOURE

LABORATOIRE DE GÉNÉTIQUE, FACULTÉ DES SCIENCES. ABIDJAN (CÔTE-D'IVOIRE)

Les investigations sur la variabilité créée par les caractéristiques de l'organe de multiplication ont été réalisées chez *D. alata* cv Brazo Fuerté. Les catégories de plantes étudiées, ayant le même génotype, sont issues d'une part, de fragments de tubercules de même poids (300g), mais provenant de la tête (FT), du milieu (FM) et de la base (FB) et d'autre part, de mélanges de fragments de 300 g (ME 300) et de 70 à 120 g (ME 70–120). En ce qui concerne le niveau de prélèvement des fragments, les analyses révèlent l'existence possible d'un gradient de vitesse de germination de la base vers la tête du tubercule. Sur le plan du rendement moyen, il ne semble pas exister de différences significatives entre les plantes issues des fragments de tête, du milieu et de base, mais par contre, un gradient de dispersion du rendement le long du tubercule. Ce gradient est l'inverse de celui de la vitesse de germination. Pour les influences de poids des fragments, les analyses montrent que les fragments de 300 g germent plus vite que ceux de 70 à 120 g, mais présentent une hétérogénéité plus grande. Par ailleurs, les plantes issues de fragments de plus grands poids ont un rendement moyen plus élevé et une homogénéité plus grande que celles issues de fragments de plus petits poids.

Research into the variability created by the characteristics of the multiplication organ was carried out on *Dioscorea alata* cv Brazo Fuerte. The categories of plants studied, having the same genotype, had been grown from, on one hand, fragments of tubers all having the same weight (300 g), but taken from the top (FT), middle (FM), and base (FB), and on the other, from mixtures of fragments weighing 300 g (ME 300) and 70–120 g (ME 70–120). With regard to the level from which the fragments were taken, analyses show that there may be a gradient of germination speed from the base toward the top of the tuber. With regard to the average yield, there does not seem to be any significant difference between the plants grown from top, middle, or base fragments, but there is a gradient of dispersion of the yield along the tuber. This gradient is the reverse of the germination speed gradient. Concerning the influence of the fragments' weight, analyses show that fragments weighing 300 g germinate more rapidly than those weighing 70–120 g but that their heterogeneity of germination is greater. Further, plants grown from heavier fragments have a higher average yield and a greater homogeneity than those grown from fragments of lesser weight.

Les fragments de tubercules constituent les organes de multiplication les plus couramment utilisés pour les cultures d'ignames. Mais d'importantes variations de caractères peuvent être constatées à l'intérieur d'un même clone, selon que les plantes sont issues de fragments de la tête, du milieu et de la base du tubercule et suivant le poids des fragments de tubercules utilisés. Ces variations ont fait l'objet de travaux réalisés par Miège (1957), Mathurin et Degras (1974) et Ferguson et alii (1969).

Dans ce rapport, nous donnerons l'essentiel des conclusions obtenues à l'issue de la comparaison, d'une part, des catégories de plantes provenant des fragments de la tête, du milieu et de la base du tubercule; d'autre part, des plantes issues des fragments de 300 g et 70–120 g.

Pour constituer les différents lots de semenceaux, vingt-deux tubercules du cultivar Brazo Fuerté de l'espèce *D. alata*, ayant le même génotype et le même poids, ont été prélevés et fragmentés. Trois lots de fragments (300 g) sont à l'origine des plantes symbolisées respectivement FT (fragments de tête), FM (fragments de milieu) et FB (fragments de base). Le quatrième lot est constitué d'un mélange de fragments de tête, de milieu et de base, tous pesant 300 g (ME 300) et un cinquième lot d'un mélange de fragments de 70–120 g (ME 70–120). Les cinq lots de semenceaux sont mis en essai en 1978. Le modèle expérimental de l'essai est la méthodes des blocs. Pour comparer les différentes catégories de plantes, nous avons employé les méthodes de l'analyse de la variance.

RÉSULTATS

Nous avons fait la comparaison des moyennes et

des paramètres de dispersion qui sont le coefficient de variation et la variance résiduelle estimés. En ce qui concerne l'influence du niveau de prélèvement des fragments, les comparaisons portent sur les plantes issues de fragments de tête, de milieu et de base, tous de même poids. Quant à l'influence du poids des fragments, la comparaison des valeurs moyennes et des dispersions porte sur les catégories de plantes issues de fragments de tubercules de 300 g (ME 300) et de 70–120 g (ME 70–120).

Délai de germination (Fig. 1)

Les valeurs moyennes classent les trois catégories de plantes suivant l'ordre croissant FT, FM, FB avec supériorité très hautement significative ($P<0,001$) de FT sur l'ensemble (FM, FB) et sur FM. Mais les paramètres de dispersion les classent dans l'ordre d'homogénéité croissante FT, FM, FB. Les semenceaux constitués par les fragments de tête de tubercules germent plus vite que ceux de milieu et de base ; cependant, cette germination est plus homogène pour les fragments de milieu et de base. Ceci indique l'existence d'un gradient de vitesse de germination le long du tubercule. Le classement des moyennes dans l'ordre croissant est ME 300, ME 70–120, avec supériorité très hautement significative (THS) de ME 70–120 sur ME 300. La variance résiduelle et le coefficient de variation estimés donnent l'ordre d'hétérogénéité croissante ME 70–120, ME 300. Les fragments de 300 g germent plus vite que ceux de 70 à 120 g, mais présentent une hétérogénéité plus grande.

Diamètre basal des deux premières tiges (Fig. 2)

En valeurs moyennes, le classement des catégories de plantes donne l'ordre croissant FB, FM, FT pour les deux tiges avec une supériorité significative de FT sur l'ensemble (FM, FB). Les paramètres de dispersion les classent globalement dans l'ordre d'homogénéité croissante FT, FM, FB. Les plantes issues de fragments de base ayant les diamètres de tiges faibles, sont plus homogènes que celles qui sont issues de fragments de milieu et de tête. Les moyennes se classent suivant l'ordre croissant ME 70–120, ME 300, avec supériorité THS de ME 300 sur ME 70–120 pour les deux tiges. Les paramètres de dispersion montrent que les deux catégories de plantes ont le même degré de dispersion. Mais c'est au niveau de la deuxièeme tige que ce caractère est le plus dispersé.

Rendement (Fig. 3)

Le rendement moyen donne l'ordre croissant FM, FB, FT. Cependant, ni la supériorité de FT sur l'ensemble (FB, FM), ni celle de FB sur FM n'est significative. Quant à la dispersion des valeurs, elle classe les catégories de plantes dans l'ordre d'homogénéité croissante FT, FM, FB, suivant le même gradient de dispersion que celui de la vitesse de germination. Sur le plan du rendement moyen, il ne semble pas exister des différences significatives entre les plantes issues des fragments de tête, de milieu et de base ; par contre, on note un gradient de dispersion du rendement le long du tubercule.

Le rendement moyen classe les catégories de plantes dans l'ordre croissant ME 70–120, ME 300, avec supériorité THS de ME 300 sur ME 70–120. Les paramètres de dispersion les classent dans l'ordre d'hétérogénéité croissante ME 300, ME 70–120. Les plantes issues de fragments de tubercules de 300 g ont un rendement moyen plus élevé et une homogénéité plus grande que les plantes issues de fragments de 70 à 120 g.

Discussion et conclusion

Parmi les facteurs qui influencent la variabilité, il convient de noter que le niveau de prélèvement et le poids des fragments de tubercules ont fait l'objet de nombreuses études. Les caractères les plus étudiés sont le délai de germination, le nombre de tiges et de tubercules par pied et le rendement.

En ce qui concerne le délai de germination, tous les résultats obtenus par les auteurs sur différentes espèces et variétés concordent parfaitement. Ils mettent en évidence un gradient de précocité de germination le long du tubercule (Sawada, 1952 ; Miège,

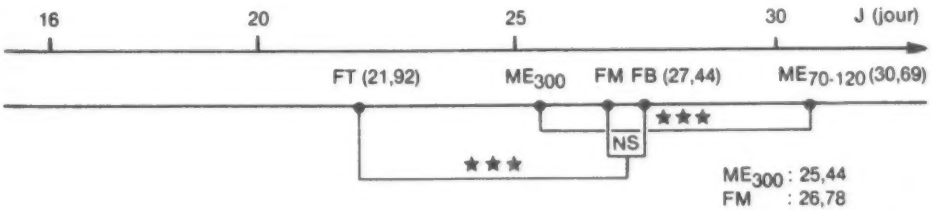


Fig. 1. *Délai de germination (jours) : positions relatives des moyennes des différentes catégories de plantes.*

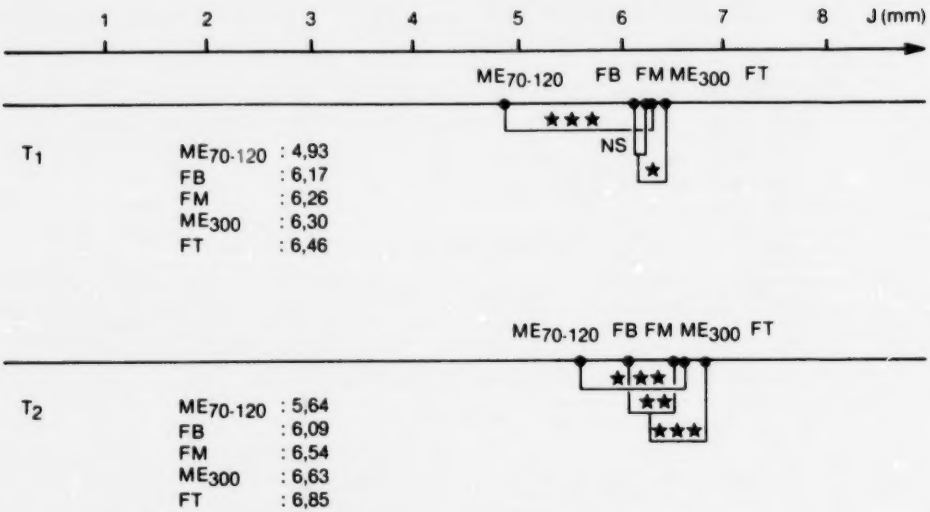


Fig. 2. *Diamètre basal des deux premières tiges : positions relatives des moyennes des différentes catégories de plantes.*

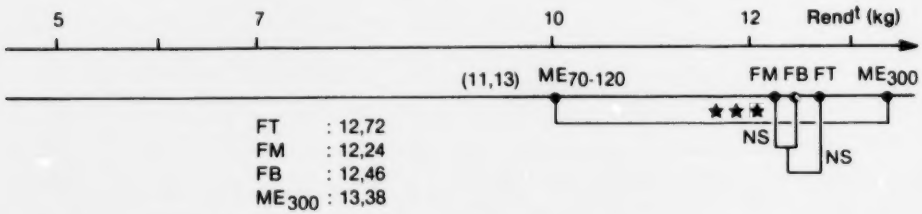


Fig. 3. *Rendement en kg de poids frais par pied : positions relatives des moyennes des catégories de plantes.*

1957 ; Mathurin et Degras, 1974). La précocité de germination est également influencée par le poids des fragments de tubercules utilisés.

Pour le rendement, certains résultats montrent l'avantage des fragments de tête (Kinman, 1921) ; d'autres, une légère supériorité des fragments de base (Mathurin et Degras, 1974). Dans l'ensemble, les résultats sont divers et n'indiquent pas de gradient le long du tubercule. Tout dépend de l'espèce et de la variété considérées. Nous notons cependant que l'homogénéité du rendement des plantes augmente de la tête vers la base du tubercule mère sur lequel sont prélevés les fragments de semenceaux. L'influence du poids des semenceaux sur le rendement a été bien étudiée, Miège (1957) a montré que le poids optimum de semenceaux à utiliser pour un meilleur rendement varie en fonction des espèces et des variétés et que le poids du tubercule mère sur lequel sont prélevés les fragments a également une influence sur le rendement.

Concernant le nombre de tiges et de tubercules par pied, les résultats sont variés et l'existence d'une relation simple et directe entre ce caractère et le niveau de prélèvement est peu probable (Kinman, 1921 ; Ferguson, 1969). Néanmoins, il est possible de constater une variation dans le nombre de tubercules récoltés en relation avec le niveau et la taille des fragments (Mathurin et Degras, 1974).

Nous voyons, par ces quelques résultats, que le choix des semenceaux est essentiel pour obtenir une germination précoce ou tardive homogène ou dispersé selon le désir de l'utilisateur et pour obtenir également un meilleur rendement en tubercules.

Mode de développement et analyse de la croissance de l'igname blanche cultivée à partir de semences

C.E. Okezie, S.N.C. Okonkwo et F.I. Nweke

Département de botanique, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Étude effectuée au moyen d'une méthode d'analyse de croissance sur le cycle végétatif de l'igname blanche *Dioscorea rotundata* cultivée à partir de semences entre mai et octobre 1978. On a noté la durée de la formation des matières sèches des différents organes et des comparaisons ont été établies avec des plantes provenant de fragments de tubercules. Les données relatives aux paramètres de croissance ont fait l'objet d'études comparatives avec les renseignements concernant d'autres plantes tropicales.

Growth pattern of the white guinea yam, *Dioscorea rotundata*, raised from seed was studied between May and October 1978 by the method of growth analysis. Observations were recorded on the time course in dry weights of the various organs. Comparisons were made with the situation in plants raised from tuber. Derived data on growth parameters were compared with results obtained for some other tropical plants.

L'igname blanche de Guinée, *Dioscorea rotundata* occupe une place spéciale dans le régime alimentaire des Nigérians en particulier, et des habitants de l'Afrique occidentale, en général. Il est donc important de bien comprendre son cycle de végétation et les composantes des paramètres qui contribuent à son rendement optimal, ainsi que le genre d'environnement qui favorise le mieux la production de cette plante-racine.

Njoku et alii (1973) nous ont renseignés sur le mode de croissance et de développement de la variété Alafu de *D. rotundata* cultivée à partir de tubercules. Sobulo (1972) a fait la même analyse pour les variétés Atoja et Olonko, également cultivées à partir de tubercules. La seule recherche connue sur le développement de l'igname cultivée à partir de semences est celle de Sadik et Okereke (1975a) ; cependant, à part la germination, la floraison et le rendement final en tubercules, nous ne disposions pas d'autres paramètres de développement de cette plante.

Notre étude vise donc à analyser le mode de croissance de *D. rotundata* cultivée à partir de semences et à le comparer avec celui des plants provenant de tubercules.

Matériels et méthodes

Des semences provenant du cultivar Obiaoturugo de *D. rotundata*, fournies par l'Institut national de recherche pour les plantes-racines, à Umudike, ont été débarrassées de leurs ailes et conservées pendant au moins 4 mois dans un dessicateur, à 23 °C environ, en milieu climatisé de façon à rompre naturellement leur période de dormance. Nous avons choisi des semences uniformes qui ont été stérilisées dans de l'hypochlorite de sodium à 1 %. Dix semences ont été mises à germer sur papier filtre humide dans des boîtes de Petri et gardées dans l'obscurité à 27 °C pendant l'incubation. Elles ont été arrosées d'eau distillée selon les besoins. À quatre semaines, les plantules portant une feuille, ont été transplantés à 10 cm d'intervalle dans des bacs en bois de 90 × 60 × 20 cm contenant un mélange d'engrais organique et de terreau. Les boîtes étaient tenues à l'ombre dans le jardin botanique du département et arrosées deux fois par jour. Au stade de deux ou trois feuilles, les plants imparfaits ont été éliminés. Pour le premier échantillonnage, 15 jeunes plants ont été choisis au hasard, et les autres transférés en serre pour une durée de 16 autres semaines.

À huit semaines, les plantules ont été retransplantés dans des bacs en plastique de 20 × 25 cm remplis du mélange de terre et cultivés en serre. Ils étaient arrosés deux fois par jour et ont reçu un tuteur dès la 10e semaine. Tous les 15 jours on recueillait des échantillons des plants, et quotidiennement on relevait les minima et maxima de température ainsi que l'humidité relative de la serre. En prenant les échantillons on mesurait aussi l'intensité de l'éclairage. Le modèle expérimental était la méthode des blocs, les échantillons comptant 15 plants.

À chaque prise d'échantillons, le sol couvrant les

racines était lessivé à l'eau et on divisait chacun des plants en feuilles, tiges, racines et tubercule (s'il y en avait un de formé). Les pétioles étaient inscrits comme tigelles. Pour chaque plant échantillon, également, on enregistrait le nombre des feuilles et leur surface, la longueur de la tige principale, le nombre de rameaux et leur longueur, le nombre de noeuds sur la tige principale et les rameaux, l'écartement internodal de la tige et des rameaux, le nombre des racines et leur longueur moyenne (moyenne des quatre plus longues) ainsi que leur poids à l'état sec. Ce dernier était calculé après déshydratation pendant 48 h à 100 °C. La surface des feuilles était mesurée par le procédé de décalque sur papier et pesée.

Pour le calcul du taux d'assimilation net (TAN) on a utilisé comme données primaires la surface des feuilles et les poids secs des plants divisés (sans le poids sec des tubercules), le rapport de surface des feuilles (RSF) et le taux de croissance relatif (TCR) pour la période de développement. On a également calculé le rapport entre la surface des feuilles et le poids des feuilles (SF:PF) d'après les données primaires pour la période de développement.

Le taux d'assimilation net a été calculé comme suit : $TAN = ([P_2-P_1]/[t_2-t_1])\ ([\log_e S_2-\log_e S_1]/[S_2-S_1])$, où P_1 et P_2 sont les poids secs moyens par plant, S_1 et S_2 la surface foliaire totale entre deux prises d'échantillons, t_2-t_1 le temps, en jours écoulés entre les échantillonnages initial (t_1) et final (t_2).

Le rapport de surface des feuilles (RSF) a été

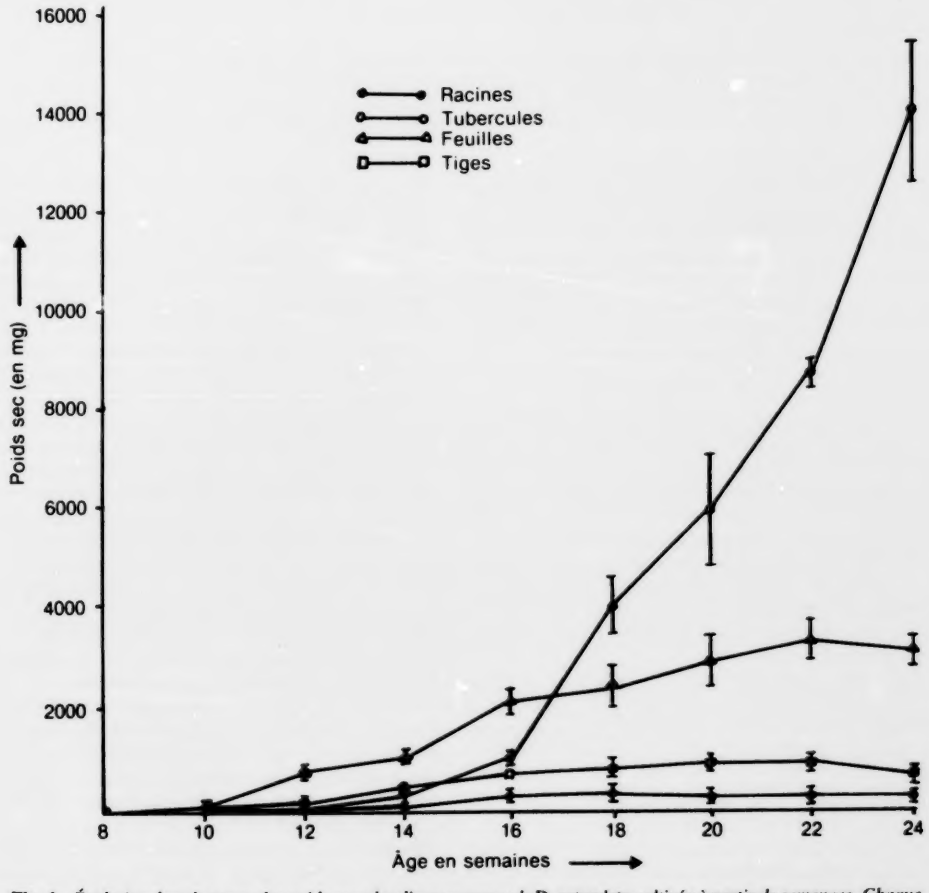


Fig. 1. *Évolution dans le temps des poids secs des divers organes de* D. rotundata *cultivée à partir de semences. Chaque point représente la moyenne de 15 plantes. Les traits verticaux représentent ± l'erreur normalisée de la moyenne.*

calculé comme suit : RSF = $\frac{1}{2}([S_1/P_1]+[S_2/P_2])$ $cm^{-2}g^{-1}$.

Pour le calcul du taux de croissance relatif on s'est servi de deux méthodes. L'une était : TCR = $([\log_e P_2-\log_e P_1]/[t_2-t_1])$ $gg^{-1}jour^{-1}$. L'autre consistait à trouver le produit de TAN et de RSF. Ces deux méthodes ont donné les mêmes résultats, aussi a-t-on adopté la dernière, pour plus de rapidité.

On a obtenu le rapport entre la surface des feuilles et le poids des feuilles (SF:PF) comme étant la surface divisée par le poids sec des feuilles.

Résultats

Dès la 8e semaine, chez les plantules ayant bien repris et au stade de deux ou trois feuilles, avec une tige proéminente et huit à neuf racines, ce sont les feuilles qui pesaient le plus, et les racines le moins. Par la suite, on a noté une croissance régulière de ces organes, à un taux élevé pour les feuilles et faible pour les racines (Fig. 1).

La croissance des racines a pris fin plus tôt que celle des autres organes, soit entre la 16e et la 18e semaine. La croissance de la tige a également été graduelle mais à un taux beaucoup plus rapide que celui des racines et a pris fin beaucoup plus tard, soit vers la 22e semaine. Des trois organes, ce sont les feuilles qui ont enregistré la croissance la plus marquée, à un taux rapide entre la 10e et la 16e semaine.

Le tubercule s'est formé dès la 10e semaine et a grossi progressivement jusqu'à la 14e semaine, pour se développer ensuite rapidement à compter de la 16e semaine. Son développement s'est poursuivi à ce rythme même après que la croissance des autres organes se fut stabilisée ou eut décru.

Il existe un rythme apparent dans le mode de croissance de cette plante : tout d'abord, développement des organes végétatifs, feuilles, tiges et racines, les feuilles montrant la croissance la plus rapide.

Analyse de la croissance

Le taux de croissance relatif (TCR) (Fig. 2), le taux d'assimilation net (TAN) (Fig. 3) et le rapport de surface des feuilles (RSF) (Fig. 4) ont tous eu tendance à diminuer avec le temps durant toute la période de croissance. Toutefois, le taux d'assimilation net a paru mieux concorder avec le taux de croissance relatif que ne l'a fait le rapport de surface des feuilles.

Le rapport entre la surface et le poids des feuilles (SF:PF) (Fig. 5) a également eu tendance à décliner pendant presque toute la période de croissance (Fig. 6). Entre la 8e et la 12e semaine, la diminution a été très nette, mais les chiffres se sont redressés entre la 12e et la 14e semaine, puis se sont remis à baisser graduellement pendant le reste de la période de croissance.

Discussion

La seule tentative qui ait été rapportée d'étudier le développement de *D. rotundata* cultivée à partir de semences est celle de Sadik et Okereke (1975a). Leur étude ne mentionnait comme paramètres que la germination, la floraison et le rendement final en tubercules. Il est donc difficile de comparer leurs observations et les nôtres. Nos courbes de croissance pour la variété Obiaoturugo sont semblables en plusieurs points à celles obtenues pour des plants

Fig. 2. *Variation du taux de croissance relatif (TCR) avec l'âge, chez* D. rotundata *cultivée à partir de semences.*

cultivés à partir de tubercules de la variété Alafu, par Njoku et alii (1973), par Sobulo (1972) avec les variétés Ataja et Olonko, et par Campbell et alii (1962), avec *D. alata*. Comme pour les plants obtenus à partir de tubercules, le développement des organes, chez nos plants, s'est effectué par phases bien définies. Njoku et alii (1973) ont noté que jusqu'à la 6^{e} semaine, à peu près, la plante ne comprend que des racines et une tige et dépend entièrement du tubercule d'origine. Durant cette période, et selon la grosseur du tubercule mère, la tige peut pousser considérablement tout en restant dépourvue de feuilles, celles-ci n'étant qu'à l'état rudimentaire, que Waitt (1965) appelait cataphylles. Pendant ce temps, les racines se développent rapidement et le plant est bien établi, mais non autotrophe. Les choses se sont passées un peu autrement pour nos propres plants cultivés à partir de semences. Les racines et la tige se sont développées rapidement, mais il n'y a pas eu de cataphylles. Les feuilles se formaient déjà, quoique assez lentement, et deux feuilles, au maximum, étaient déjà apparentes à cette époque. Le plantule, également, était bien implanté mais non autotrophe et dépendait de l'endosperme pour sa nourriture.

Avec nos plants, la croissance des racines s'est prolongée plus longtemps que chez les plants obtenus de tubercules. Njoku et alii (1973) ont rapporté que la plupart des racines se formaient à même la substance puisée au tubercule mère et que leur croissance avait atteint son maximum avant que le plant ne devint autotrophe. D'après nos plants cultivés à partir de semences, nous avons constaté que les racines poursuivent leur développement bien après que le plant est devenu autotrophe. Njoku et alii ont dénombré jusqu'à 20 racines principales par plant, la plus longue atteignant 250 cm. Donc, d'après leur étude, le sol était sillonné de longs rhizomes peu profonds déjà en sérieuse concurrence entre eux. Et cette dernière, selon eux, contribuait à interrompre rapidement le développement des racines. La longueur maximale que nous ayons obtenue a été de

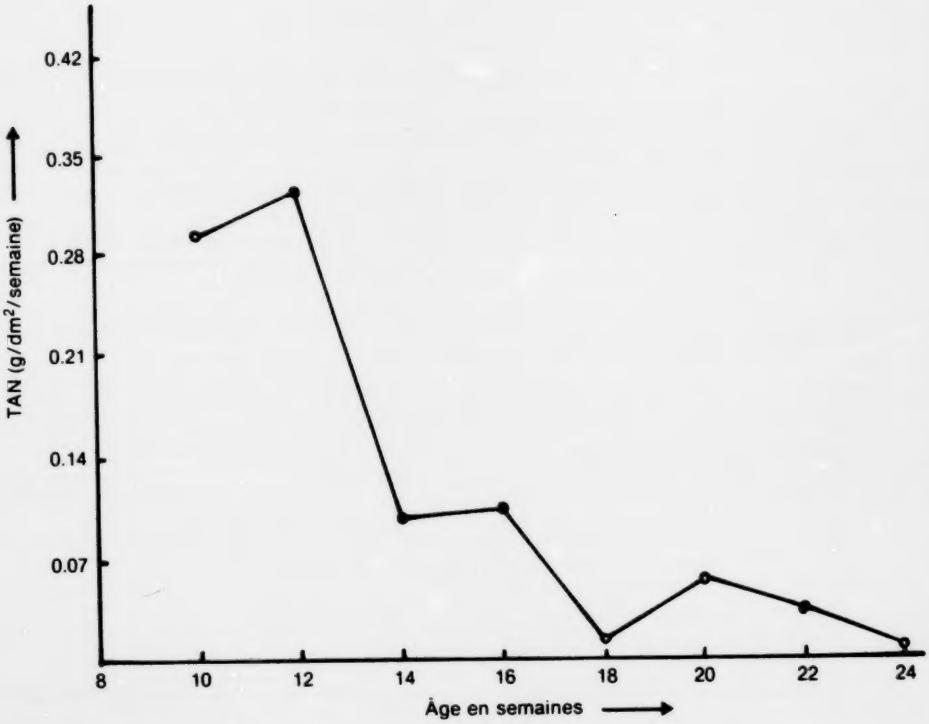


Fig. 3. *Variation du taux d'assimilation net (TAN) avec l'âge, chez* D. rotundata *cultivée à partir de semences.*

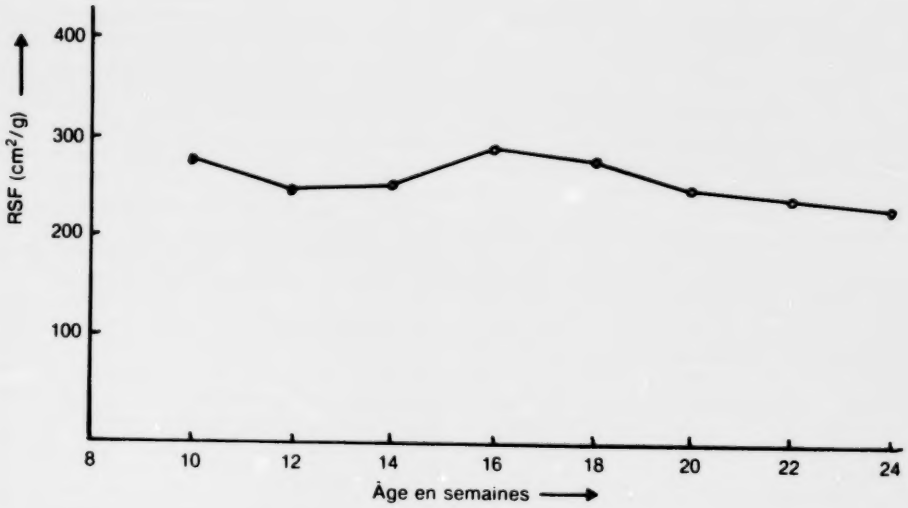


Fig. 4. *Variation du rapport de la surface des feuilles (RSF) avec l'âge chez* D. rotundata *cultivée à partir de semences.*

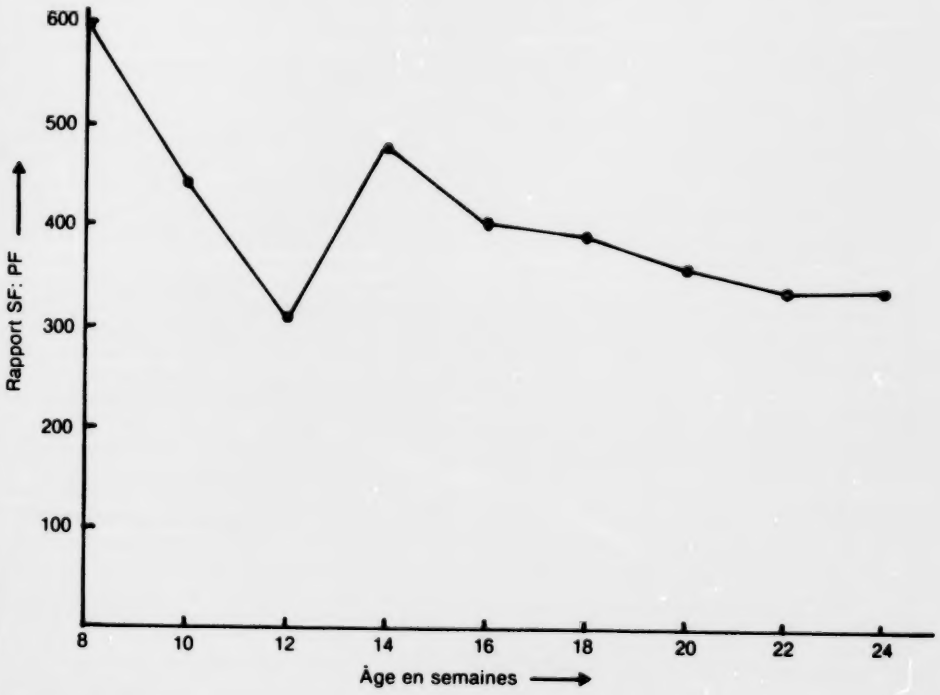


Fig. 5. *Variation du rapport entre surface des feuilles et poids des feuilles (SF:PF) avec l'âge, chez* D. rotundata *cultivée à partir de semences.*

21,5 cm. La différence de croissance du racinement entre les deux groupes doit s'expliquer par la nature des éléments utilisés pour la plantation. L'endosperme de la semence ne possède pas l'aptitude à produire des racines au même rythme que le tubercule. Nos plants doivent donc dépendre du pouvoir de photosynthèse des feuilles qui ne se développent de façon raisonnable que longtemps après que le plant est devenu autotrophe, ce qui explique la période prolongée de croissance des racines. Il faut noter cependant, que, à compter de la 14^{e} semaine, les racines se sont réparties entre les rhizomes et le corps du tubercule, chez nos plants, de sorte que leur augmentation doit être attribuée aux racines qui se sont formées sur le tubercule groississant (Fig. 6). Le fait que le poids sec des racines se soit stabilisé dès la 16^{e} semaine, malgré la formation de nouvelles sur le tubercule grossissant, laisse croire que les anciennes racines étaient, à cette époque, devenues sénescentes.

La durée de croissance des feuilles s'est prolongée chez nos plants plus que chez ceux obtenus de tubercules. Elles se sont développées lentement pendant la période où les plants de tubercules en étaient encore dépourvus, mais lorsque les feuilles se sont formées sur ces derniers, leur développement a été beaucoup plus rapide que chez nos plants. Bien que Njoku et alii (1973) aient rapporté une croissance rapide des feuilles, de la 8^{e} à la 10^{e} semaine, et un ralentissement dès la 14^{e} semaine, nos plants avaient déjà formé deux feuilles à leur 8^{e} semaine et le feuillage a poussé rapidement à compter de la 12^{e} semaine. D'après la solution avancée par Waitt (1965) le développement des feuilles semble varier quelque peu d'un cultivar à l'autre, ce qui expliquerait la différence entre les deux études. Nous avons travaillé sur la variété Obiaoturugo, tandis que Njolu et alii, (1973) étudiaient la variété Alafu. Il nous a été impossible de comparer nos résultats avec ceux de Sobulo, pour les variétés Atoja et Olonko (1972) parce qu'il a analysé ensemble les pétioles et les feuilles, tandis que nous n'avons pas inclus les pétioles.

Pour les plants venus de tubercule comme chez ceux cultivés à partir de semences, la croissance de la tige a pris fin par suite de la sénescence et de la

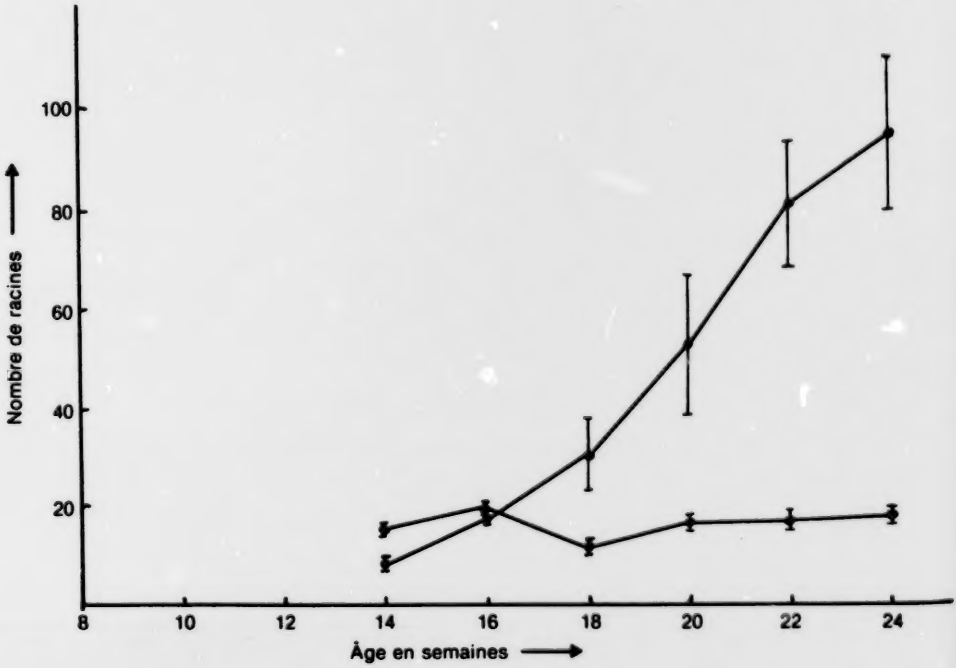


Fig. 6. *Répartition des racines entre rhizomes et tubercules d'après l'âge chez* D. rotundata *cultivée à partir de semences. Chaque point représente la moyenne de 15 plantes; les traits verticaux représentent l'erreur normalisée approximative des moyennes.*

nécrose des apex de la tige principale et de certains rameaux. Cette sénescence a lieu avant celle des feuilles. Cependant, contrairement au sort des plants venus de tubercule, le dépérissement de la tige principale de nos plants a suscité la formation de nouveaux rameaux par suite, peut-être, de la perte de dominance apicale de la tige principale.

Chez nos plants, le tubercule a commencé à se former dès la 10e semaine, époque qui correspond à celle rapportée par Njoku et alii (1973) pour les plants venus de tubercule. Oyolu (1961) a situé ce début de formation du tubercule vers la 12e semaine, soit plus tard que dans nos observations et celles de Njoku et alii. Il n'est pas facile de comparer ces données avec celles de Sobulo (1972), celui-ci ayant effectué son premier échantillonnage à 17 semaines environ après la date de plantation, à une époque où le tubercule pouvait être déjà en formation depuis longtemps. De plus, il a analysé ensemble les racines et le tubercule de sorte qu'il lui aurait été difficile de préciser le moment où le tubercule a commencé à se former. Dans son étude, également, les différences entre les dates de levée des différents plants compliquent la connaissance de l'âge de ses plants à un moment quelconque de leur développement. Il se peut, cependant, que ces variations dans l'époque où a débuté la formation du tubercule soient dues à des différences variétales.

Dans notre étude, le rendement en tubercules avait nettement décliné lors de la dernière prise d'échantillon (14 g poids sec à la 24e semaine) alors que Njoku et alii (1973) comptaient plus de 400 g à la même époque. Sadik et Okereke (1975a) ont rapporté des tubercules pesant plus de 500 g (à l'état frais) après 12 mois de végétation pour les plants cultivés à partir de semences, mais aussi des chiffres beaucoup plus élevés pour d'autres, venus de tubercules. Waitt (1961) a obtenu des tubercules de 450 g, poids frais, après 2 ans de développement de plants cultivés à partir de semences.

Il est à noter que, pour nos plants, les tubercules continuaient de grossir rapidement même après que les feuilles eurent cessé de pousser par suite de vieillissement. Cette constatation contraste nettement avec les observations de Njoku et alii relatives à des plants particuliers et signalent une baisse du rendement en tubercules due à la sénescence des feuilles. L'explication n'est pas facile, mais il se pourrait que les feuilles restantes de nos plants aient conservé assez de leur pouvoir de photosynthèse pour diriger vers les tubercules des quantités assez considérables d'assimilats. Il se peut également que, le développement de la tige et des racines ayant pris fin, tous les produits de photosynthèse utilisables aient servi au grossissement des tubercules, d'où le taux de développement rapide de ces derniers. Ces arguments semblent se confirmer du fait que le rapport entre la surface des feuilles et le poids des feuilles (SF:PF) a continué de se contracter à cette époque (Fig. 5). Il est reconnu qu'une baisse de ce rapport indique une efficacité accrue des propriétés photosynthétiques des feuilles (Eze 1973) ; sa diminution soutenue indiquerait donc que les feuilles ont conservé cette propriété et celle de mobiliser les produits utilisables pour les faire servir au grossissement des tubercules.

Les teneurs en humidité des tubercules ont diminué (Fig. 7) tandis qu'augmentaient les pourcentages de poids sec (Fig. 8), situation rapportée également par Sobulo (1972) pour des plants venus de tubercule. Sobulo cite des déclarations de Brown voulant que la teneur en humidité de certaines variétés d'igname atteigne son minimum deux mois avant la maturité. Nos propres résultats révèlent que la maturation des tubercules d'igname cultivée à partir de semences suit la même tendance que celle des plants venus de tubercule.

Notre taux d'assimilation net (TAN) moyen de 11,63 g/m^2-semaine (0,12 g/dm^2-semaine) a été plutôt faible comparativement à celui de 40 g/m^2-semaine obtenu par Njoku et alii (1973) pour des plants venus de tubercule. Sobulo (1972) a rapporté un TAN de 17 g/m^2-semaine pour la variété Atoja de *D. rotundata*, et Chapman (1965) 16 g/m^2-semaine pour *D. alata*. La documentation disponible révèle que Goodall (1955), travaillant sur des semis de cacaoyer au Ghana a obtenu le plus bas TAN rapporté jusqu'à présent pour des plantes cultivées sous les tropiques. Il a relevé un TAN moyen de 8,2 g/m^2-semaine chez des semenceaux cultivés au grand jour. Goodall (1950) a également révélé que, durant les 30 premières semaines de croissance à 20 % du grand jour, les semenceaux de cacaoyer avaient un TAN moyen de 7,2 g/dm^2-semaine. Toutes les autres plantes étudiées jusqu'à présent sous les tropiques ont des TAN plus élevés que nos propres plants. Par exemple, Rees (1963) rapportait 23 g/m^2-semaine pour des plantules de palmier à huile au Bénin ; Njoku (1959) étudiant 10 espèces herbacées de l'Afrique occidentale, à Ibadan, a obtenu des valeurs s'échelonnant de 53 à 152 g/m^2-semaine.

Notre rapport de surface des feuilles (RSF) moyen, à 258 cm^2/g, a été beaucoup plus élevé que les valeurs obtenues par Njoku et alii (1973) et comparable seulement au chiffre le plus élevé obtenu par Njoku (1959) au grand jour, avec *Ipomoea purpurea*, et avec les valeurs moyennes de 246, 250 et 290 cm^2/g obtenues par Okali (1971) respectivement pour des plants des espèces *Chlorophora*, *Helianthus* et *Terminalis*.

Notre taux de croissance relatif (TCR) moyen a été plus élevé que les chiffres mentionnés par Rees (1963), Njoku et alii (1973), Njoku (1959) et Eze

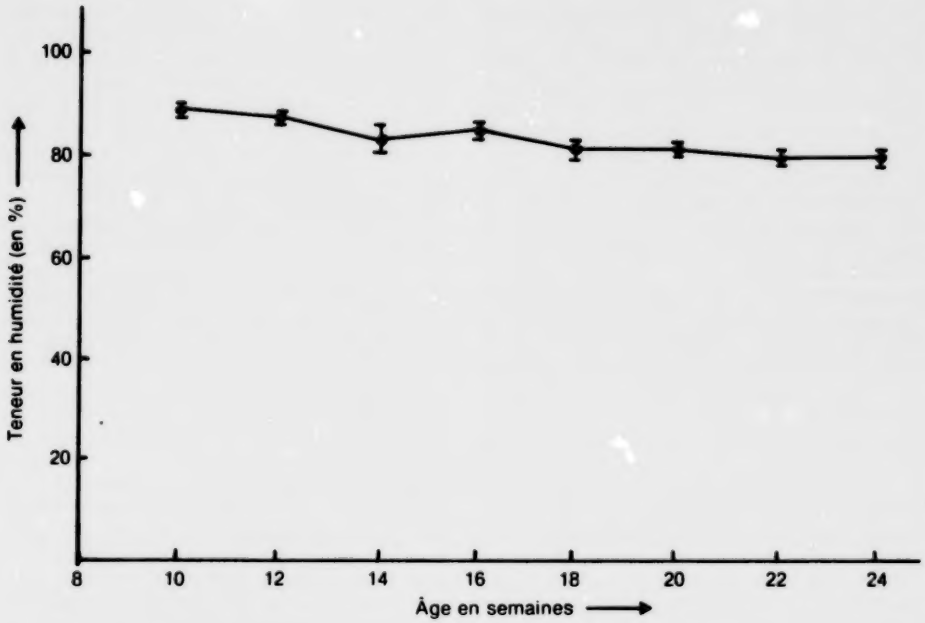


Fig. 7. *Variation en pourcentage de la teneur en humidité, d'après l'âge, de* D. rotundata *cultivée à partir de semences. Chaque point représente la moyenne de 15 plants. Les traits verticaux représentent l'erreur normalisée approximative de la moyenne.*

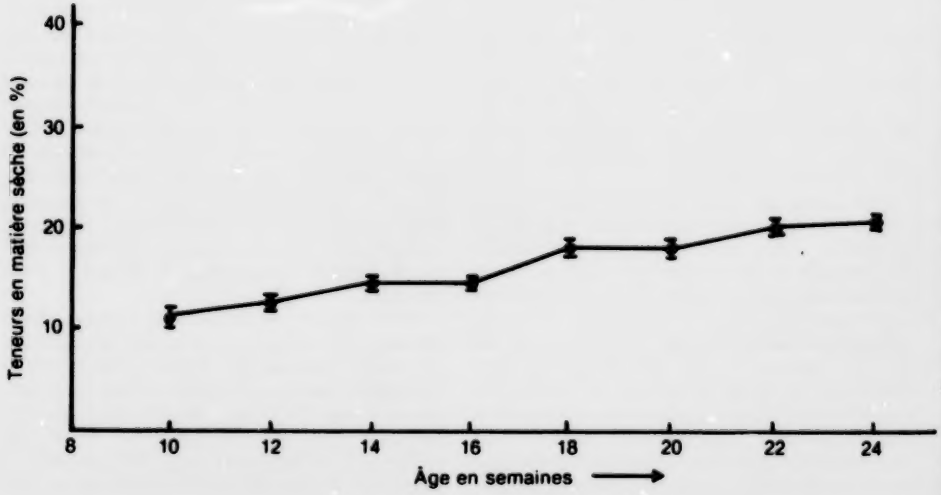


Fig. 8. *Variation du pourcentage de matière sèche des tubercules, d'après l'âge, chez* D. rotundata *cultivée à partir de semences. Chaque point représente la moyenne de 15 plants; les traits verticaux représentent l'erreur normalisée approximative de la moyenne.*

(1973) mais inférieur à la plupart des valeurs rapportées par Okali (1971) pour des plantules d'arbres.

Étant donné que TCR est un produit de TAN et de RSF, le chiffre raisonnablement élevé atteint par *D. rotundata* cultivée à partir de semences, comparativement à celui obtenu à partir de tubercules, est le résultat d'un RSF élevé compensant un TAN relativement bas.

Heath et Gregory (1938) déclaraient que, de façon générale, le TAN moyen est relativement constant chez les différentes espèces et dans les climats tropicaux et tempérés. Njoku (1959) observait de son côté que, généralement, les variations du TAN dans le temps et d'après les espèces sont faibles, dans les conditions existantes en Afrique occidentale. On a suggéré que cette constance relative provenait en partie de conditions climatiques relativement uniformes tout au long de l'année. Les différences de valeur du TAN entre nos plants et ceux de Njoku et alii (1973) vont à l'encontre de cette proposition. Nos plants ont été cultivés entre mai et octobre 1979, tandis que les leurs, venus de tubercules, l'ont été entre mai et décembre 1973, les uns et les autres à Nsukka. Les différences climatiques entre les deux périodes, au cours de deux années différentes et au même endroit, doivent avoir été négligeables. Eze (1973) a également noté que les valeurs du TAN entre *Helianthus annuus* et *Phaseolus vulgaris*, à Freetown, n'étaient pas constantes, de mars à décembre 1969. Ses observations confirment les nôtres et contrastent avec celles de Gregory et Heath (1938) et de Njoku (1959).

Blackman (1962) a démontré que lorsqu'on réduisait la luminosité au quart de celle du plein jour, le TAN diminuait mais que le RSF augmentait. Njoku (1960) a rapporté que, en règle générale, le rapport existant entre TAN et RSF d'une part, et l'intensité lumineuse d'autre part, prend un caractère logarithmique, d'augmentation pour TAN et de diminution pour RSF, lorsque la luminosité décroît. Okali (1972) a rapporté que l'ombre suscite une réduction du TAN que ne compensent pas entièrement les relèvements concomitants du RSF, de sorte que les semis ne croissent que très mal sous le couvert forestier. Il est donc logique d'imputer nos propres valeurs assez faibles du TAN à un certain ombrage imposé aux plants dans la serre dans laquelle on les gardait, où l'intensité lumineuse oscillait entre 11 000 et 14 000 lux, alors qu'elle était à l'extérieur, à la même époque, de 15 500 à 22 000 lux. Warren Wilson (1966) attribuait le haut degré du TAN à l'ensoleillement abondant, et Eze (1973) a constaté un TAN plus élevé en saison sèche qu'en saison des pluies, expliquant que cette dernière avec son ennuagement abondant diminuait l'éclairage naturel et par voie de conséquence, le développement des plants. Les témoignages abondent donc en faveur de l'hypothèse voulant que la réduction de l'intensité lumineuse dans notre serre aurait causé un TAN inférieur à celui des plants cultivés à l'extérieur à partir de tubercules. Il se pourrait également que l'ombrage que les plants s'apportent mutuellement en vieillissant, par la formation de feuilles nouvelles, explique par ailleurs cette infériorité du TAN. Comme la constitution de nos plants était identique à celle des plants venus de tubercules, on aurait pu s'attendre à plus de similitude. Le fait que le TAN de nos plants ait été beaucoup plus réduit ne peut s'expliquer que par la différence d'intensité lumineuse entre les deux environnements expérimentaux.

Toute réduction de l'intensité lumineuse au point enregistré dans notre serre durant cette étude devrait entraîner un redressement très net du RSF, si l'on s'en tient aux observations de Blackman (1961) voulant qu'une réduction de 25 % de l'éclairage de plein jour entraîne l'augmentation de RSF. Notre RSF moyen, très élevé, de 258 cm^2/g confirme cette observation.

Blackman et alii (1955) ont rapporté que la surface foliaire est positivement en rapport avec la température, mais ils n'ont pu prouver que cette dernière ait quelque influence significative sur le TAN, pour *H. annuus*. Eze (1973) a signalé que le RSF (ainsi que le rapport SF:PF), chez *H. annuus* aussi bien que chez *P. vulgaris* était en corrélation négative avec la luminosité, et en corrélation positive avec la température. Les minima et maxima de température sont demeurés relativement constants durant toute notre étude. RSF a également peu varié, tandis que TAN diminuait. Il existe donc dans notre étude une corrélation positive entre RSF et la température, ce qui tend à confirmer les observations de Blackman et alii (1955) et d'Eze (1973).

Pandey et alii (1978) ont relevé des différences génotypiques significatives du RSF dans *Vigna mungo*. Il est possible que les écarts entre nos plants et ceux venus de tubercules soient le résultat de différences variétales.

FÉCONDATION ARTIFICIELLE, VIABILITÉ ET CONSERVATION DU POLLEN DE L'IGNAME BLANCHE

M.O. AKORODA, J.E. WILSON ET H.R. CHHEDA

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA) ET UNIVERSITÉ D'IBADAN, IBADAN (NIGÉRIA)

La pollinisation artificielle d'ignames blanches (*Dioscorea rotundata* Poir.) a été effectuée selon trois procédés : récolte du pollen des anthères de fleurs femelles avec un pinceau de poil de chameau ; excision des anthères de fleurs mâles et transport sur des fleurs femelles à l'aide d'un éclat de bambou à fine pointe ; injection dans les fleurs femelles de pollen en suspension en employant un compte-gouttes de 1–2 ml. Les opérations avec le pinceau ont été les plus efficaces, donnant jusqu'à 147 semences par jour comparées à respectivement 49 et 11 pour l'éclat de bambou et le compte-gouttes. La supériorité du procédé réside principalement dans le grand nombre de fleurs (450) qui ont pu être pollinisées en une journée et du pourcentage élevé de la nouaison (27,8).

En étudiant le stockage à court terme du pollen, on a découvert que la perte de principes actifs était deux fois plus accélérée dans les champs, où les fluctuations de la température et l'humidité relative (HR) étaient plus accentuées que dans un local. L'étude comparativement portait sur trois semaines d'entreposage à 26–30 °et 10 °C à un taux d'humidité de 75–85, 80 et 0%. Les meilleures conditions de conservation du pollen sont: température de 10 °C et hygrométrie de 0%. On n'a trouvé aucune corrélation entre les fruits provenant de la pollinisation artificielle et la germination en laboratoire lorsqu'on a utilisé du pollen entreposé de 20 génotypes. Les conclusions de ces études permettront d'améliorer l'efficacité de la pollinisation contrôlée chez l'igname blanche ainsi que l'entreposage à court terme du pollen destiné aux croisements entre parents dont la floraison se produit à différentes périodes.

We pollinated white yam (*Dioscorea rotundata*) by hand using three techniques : a camel-hair brush was used to pick up and transfer pollen from anthers to stigmas of open female flowers ; a pointed tip of a bamboo splinter was used to excise anthers from open male flowers and to insert them into open female flowers ; and pollen suspension in an aqueous culture medium was dropped through a blunt-tipped 1–2 ml syringe into open female flowers. The brush technique was most effective and yielded 147 seeds per day compared with 49 and 11 for the splinter and the dropper techniques, respectively. The potentially high seed yield per day of the brush method resulted mainly from the high percentage of fruit set (27.8) and the large number (450) of flowers that could be pollinated in a day.

When short-term pollen storage was studied, we found that the loss of viability was twice as rapid under field conditions as it was under room conditions where temperature and relative humidity (RH) were constant. Storage of pollen was compared at 26–30 °C and 10 °C and at 75–85, 80, and 0 % RH ; viability was best preserved at 10 °C and 0 % RH. No correlation was found between fruit set from hand pollinations and in vitro germination with stored pollen from 20 genotypes ($r = -0.12$). The results of these studies should improve the effectiveness of controlled pollination in white yam and the short-term storage of pollen for crosses between parents whose flowerings do not coincide.

L'igname est une plante vivrière de base en Afrique occidentale, où on récolte 75 % de la production mondiale (FAO, 1976). Les préférences de la population vont à l'igname blanche (*Dioscorea rotundata*) qui est plus largement répandue et cultivée plus intensivement que les autres espèces.

La réussite de la germination des semences obtenues par pollinisation libre, et la culture en grand des jeunes plants produits ont permis d'améliorer l'igname en recourant aux procédés génétiques habituels (Waitt, 1958 ; Doku, 1961 ; Sadik, 1976). Maintenant que l'on peut séparer les populations de plantons, les sélectionneurs disposent de ressources variées pour leurs travaux. Cependant, pour obtenir les progénitures désirées ils doivent recourir à des procédés de fécondation contrôlée et appliquer pour cela des techniques précises de pollinisation artificielle.

La floraison de l'igname blanche, à Ibadan, Nigéria, est limitée à la période de juin à septembre. Les fleurs sont pollinisées par les insectes. Les plants mâles commencent généralement à fleurir 2 à 3 semaines plus tôt que les plants femelles, et lorsque les inflorescences ont une maturité échelonnée, on est obligé de conserver le pollen à l'état viable pour pouvoir l'utiliser dans les croisements.

Nos deux années d'études (1978–1979) à l'IITA avaient donc pour objet de trouver des procédés appropriés à la fécondation artificielle et à la conservation à court terme du pollen nécessaire.

Matériels et méthodes

Pollinisation à la main

Chaque année, nous avons planté en mars des semenceaux de 500 g et les plants obtenus ont été tuteurés séparément à 2,4 m d'intervalle, sans apport d'engrais. Trois procédés de pollinisation ont été mis à l'essai : récolte du pollen sur des anthères préalablement excisées, à l'aide d'un petit pinceau aminci en poil de chameau, et transfert sur les stigmates de fleurs femelles réceptives ; excision des anthères des hampes florales mâles détachées et leur introduction dans des fleurs femelles réceptives ; injection dans les fleurs femelles, à l'aide d'un compte-gouttes épointé, de 1–2 ml de pollen en suspension dans une culture aqueuse de Brewbaker et Kwack (1963).

Des fleurs femelles complètement développées ont été ensachées et pollinisées 4 jours plus tard, une fois ouvertes. Elles sont ensuite restées ensachées pendant 2 semaines. On a utilisé pour la pollinisation à la main un mélange de pollen de plusieurs clones. Quelques fleurs femelles ensachées servant de témoins sont restées non pollinisées et ont ensuite été retirées de leur sac après 14 jours. D'autres fleurs femelles ont été laissées à l'état libre pour être pollinisées par les insectes.

Les fleurs pollinisées et les témoins ont été examinées deux fois par semaine pour vérifier la nouaison des fruits et établir le pourcentage global de nouaison (fruits/fleurs pollinisées × 100). Pour les témoins, on a pris pour dénominateur le nombre de fleurs mises en sacs mais non pollinisées, ou le nombre de fleurs non ensachées. Nous avons présumé que chaque fruit pouvait donner six semences et, partant de là, nous avons calculé le pourcentage de nouaison des semences ([nouaison de semences/fruit × 6] × 100). Nous avons ensuite évalué le pourcentage moyen de nouaisons des fruits et des semences pour toutes les hampes florales chez les témoins, d'après les techniques de pollinisation, en nous servant des pourcentages de chaque hampe séparée.

Les trois méthodes ont été comparées en fonction du coût de l'équipement, des tolérances applicables au mélange de pollens de différentes sources, de l'applicabilité des croisements uniques de plants, du caractère fastidieux du travail, du bon emploi du pollen, des risques de lésions aux fleurs, du nombre de fleurs pollinisées par journée de 4 h, du pourcentage de nouaison des fruits et des semences, de la production estimative de semences par jour et de la viabilité des semences obtenues.

Conservation à court terme du pollen

Afin de tester les effets de divers modes de conservation à court terme sur la viabilité du pollen, nous avons pris des boutures porteuses d'inflorescences de quatre génotypes et les avons placées dans un becher d'eau à la température ambiante du local. Immédiatement après, nous avons prélevé le pollen de fleurs récemment ouvertes et l'avons mis à germer dans un bouillon de culture modifié Brewbaker et Kwak (1963) sur agar. Des inflorescences comparables ont été laissées à l'état cultivé normal et l'on a également déterminé le début de germination in vitro du pollen. La germination du pollen provenant des fleurs à l'état cultivé normal a été vérifiée après un jour et celle du pollen de fleurs placées dans un local après deux jours. On a relevé l'humidité relative et la température du local et du champ.

Pour créer un environnement adapté à la conservation, nous avons procédé à une expérience préliminaire de conservation du pollen à la température du local. La chute rapide de la viabilité du pollen a souligné la nécessité d'une température moins élevée que celle rapportée pour plusieurs types de pollen. Nous avons donc repris l'expérience à deux températures différentes, soit 26–30 °C (local) avec HR de 75 à 85 % (flacon ouvert), HR de 80 % (flacon fermé) et HR de 0 % (sur $CaCl_2$) ; et 10 °C (réfrigérateur) avec HR de 80 % et de 0 %. Deux essais ont été effectués les 8 et 24 septembre 1979. Des anthères prélevées sur des fleurs mâles récemment ouvertes (entre 12 et 14 h) ont été mélangées et placées dans de petites fioles de verre (35 × 10 mm) et chacune de celles-ci placée dans un flacon de 35 ml. Certains flacons ont été laissés ouverts, d'autres recouverts, et quelques-uns, avec un dépôt de 7 g de chlorure de calcium ($CaCl_2$) anhydre, ont été recouverts de manière à maintenir l'humidité relative à 0 %.

Le pollen compris dans les divers traitements d'essais a été semé sur la même culture d'agar, dans différentes sections d'une boîte de Petri. Une culture nouvelle était préparée pour chaque essai. Ensuite, la boîte de Petri a été conservée à 26–28 °C et la germination du pollen vérifiée après 18 heures.

Viabilité du pollen et nouaison des fruits

Du pollen prélevé de chacun des 20 clones, une partie a été mise en germination in vitro et le reste a servi pour la pollinisation à la main. On a établi le pourcentage de fruits noués ainsi que sa corrélation avec la germination du pollen in vitro.

Résultats

Pollinisation à la main

Le procédé du pinceau a donné le pourcentage le plus considérable de fruits noués, quoique ne dépassant pas de beaucoup le résultat obtenu avec l'éclat de bambou. Ces deux procédés, en tout cas, ont fourni une nouaison de fruits nettement supérieure au procédé du compte-gouttes et aux résultats obtenus des témoins (Tableau 1). Le procédé du pinceau s'est révélé le plus efficace et celui du compte-gouttes le moins (Tableau 2). Le premier a donné 147 semences par jour, soit 3 fois plus que pour l'éclat de bambou et 13 fois plus que pour le compte-gouttes.

Conservation à court terme du pollen

La perte de viabilité du pollen, d'un jour à l'autre dans le champ, a été deux fois plus rapide que dans le local à température ambiante (Tableau 3), sans doute en raison des fluctuations de l'HR et de la température beaucoup plus prononcées dans le champ que dans le local (Fig. 1).

Les courbes de viabilité pour chacune des conditions de conservation dans les deux essais d'environnement contrôlé ont été sensiblement les mêmes (Fig. 2). À 10 °C, la perte de viabilité du pollen conservé sur siccatif de $CaCl_2$ a été plus lente qu'à 80 % de HR, et la viabilité s'est mieux maintenue à 10 °C qu'à 26–30 °C.

Viabilité du pollen et nouaison des fruits

Il n'existe aucune corrélation significative entre le pourcentage de germination du pollen in vitro et le pourcentage de fruits noués ($r = -0,12$, $n = 20$).

Discussion

Pollinisation à la main

On peut apprécier l'efficacité d'un procédé de pollinisation d'après sa supériorité sur un témoin ensaché, non pollinisé. C'est ainsi que le procédé du compte-gouttes s'est montré peu efficace, avec un très faible pourcentage de fruits noués. Ses mauvais

Tableau 1. Nouaison des fruits et des semences et germination des semences résultant de trois procédés de pollinisation du *D. rotundata*.[a]

Procédé	Fleurs pollinisées	Fruits noués (%)	Semences nouées (%)	Germination des semences (%)
Pinceau	1226	27,8 a	19,6 a	61,0 a
Éclat de bambou	226	18,2 a	25,0 a	47,4 a
Compte-gouttes	788	3,2 c	14,5 a	68,3 a
Témoin non ensaché	2220	11,6 b	13,9 a	54,7 a
Témoin ensaché	2497	4,3 c	22,8 a	49,2 a

a) Les moyennes suivies d'une lettre commune ne sont pas significatives à 5 %.

Tableau 2. Comparaison de trois procédés de pollinisation artificielle utilisés pour *D. rotundata*.

Caractères	Procédé de pollinisation		
	Pinceau	Éclat de bambou	Compte-gouttes
Coût de l'équipement	faible	le moindre	élevé
Approprié aux croisements d'une seule plante	non	oui	non
Permet le mixage de différents pollens	oui	non	oui
Rend la pollinisation fastidieuse	un peu	beaucoup	modérément
Bonne utilisation du pollen	la meilleure	modérée	la moins bonne
Lésions aux fleurs femelles	le moins	le plus	moyennes
N. de fleurs pollinisées par jour (4 h)	450	180	400
Semences/jour	147	49	11
Germination des semences	normale	normale	normale

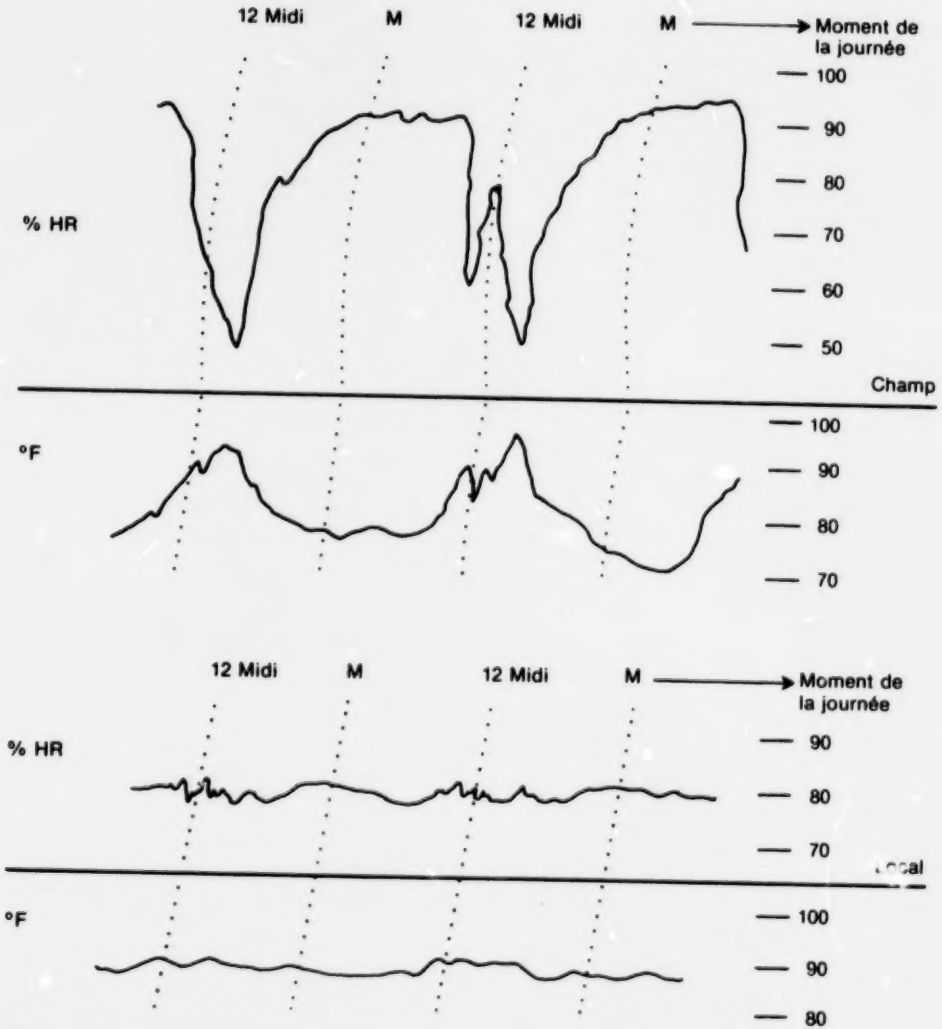


Fig. 1. *Fluctuations de l'humidité relative et de la température, dans un champ et dans un local où l'on a conservé du pollen jusqu'au lendemain.*

Tableau 3. Perte de viabilité du pollen de *D. rotundata*, en milieu fermé et dans le champ.[a]

Lieu de conservation	Conditions de conservation		Durée de conservation (jours)	% de germination in vitro		Perte de viabilité en %
	HR (%)	Temp. °C		avant conservation	après conservation	
Champ	49–94	26–36	1	47,1	28,3	39,9**
Local	78–83	31–32	2	35,4	22,1	37,6**

a) ** = Significatif au seuil de probabilité de 1 %.

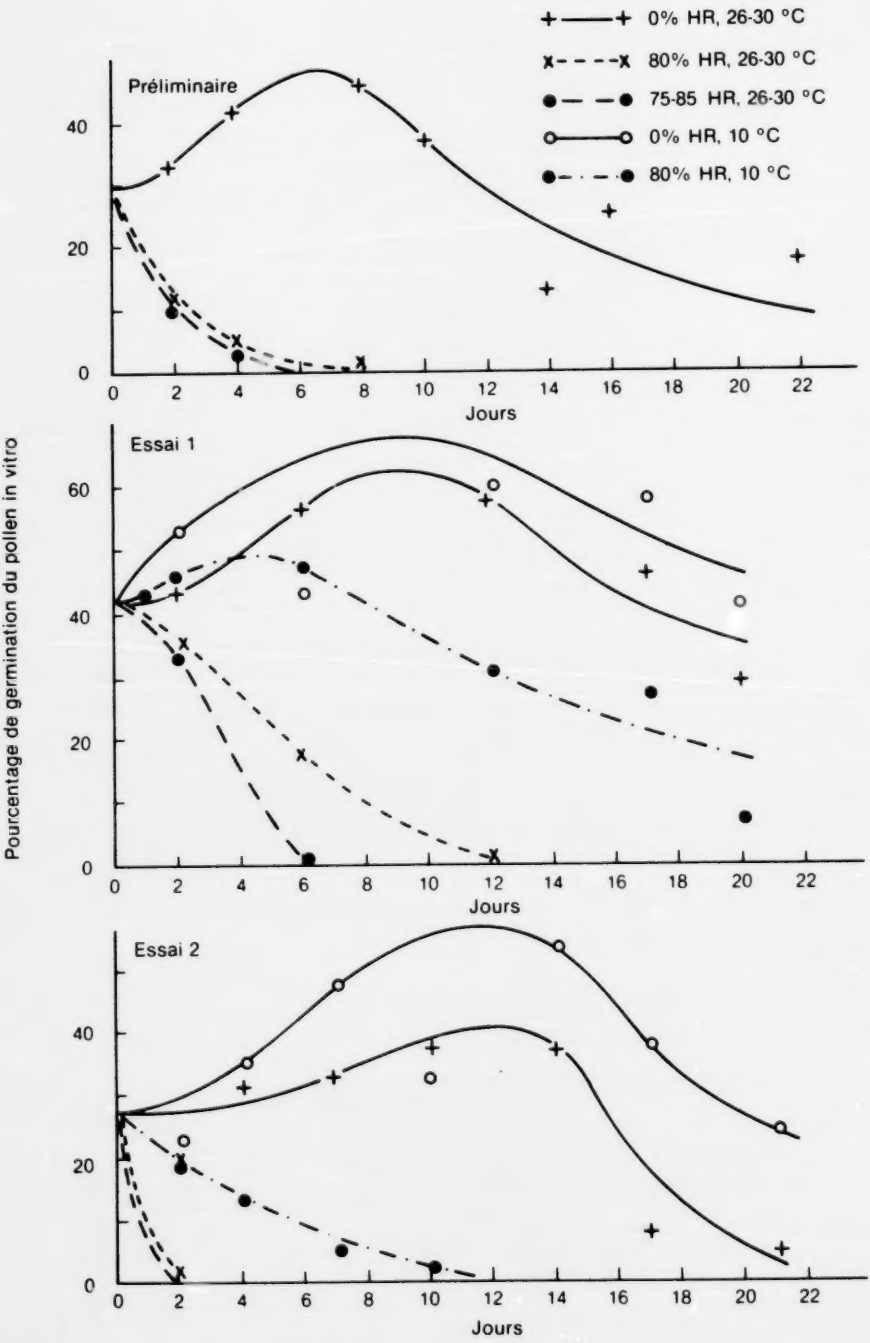


Fig. 2. *Viabilité du pollen dans la conservation à court terme de* D. rotundata.

résultats peuvent être attribuables à une concentration insuffisante du pollen dans la suspension, à l'incapacité du pollen d'atteindre le stigmate par suite de la tension superficielle de la gouttelette, ou à cause d'un état anaérobie interne de la gouttelette.

Le procédé de l'éclat de bambou a été le seul approprié aux croisements avec plants uniques. Il entraîne cependant du gaspillage, le fait de détacher les inflorescences faisant perdre des fleurs immatures. Ces pertes sont particulièrement importantes lorsqu'on a besoin à plusieurs reprises d'un clone peu florifère comme géniteur mâle.

Le procédé du pinceau, avec 27,8 % de nouaison des fruits s'est révélé le plus efficace et s'est comparé favorablement avec les résultats (23,3–33,0 %) obtenus par le procédé précédemment en usage à l'IITA, celui de l'aiguille et celui de la pince modifiée (1974, 1975, 1976, 1977). Il l'a emporté également si l'on tient compte du caractère fastidieux de l'opération et de l'utilisation plus facile du pollen. La production supérieure de semences réalisée par l'emploi du pinceau comparativement aux deux autres procédés résulte principalement du nombre plus élevé de pollinisations effectuées par jour et de la plus forte proportion des nouaisons, qui a atteint plus du double de celle des fleurs témoins non ensachées, pollinisées par les insectes.

Ainsi donc, le procédé du pinceau s'est affirmé le plus efficace pour la pollinisation artificielle utilisant un pollen mixte de différents génotypes. On peut y recourir également comme complément de la pollinisation par les insectes dans des blocs de croisement isolés.

Conservation à court terme du pollen

La chute rapide de la viabilité du pollen dans les champs est attribuable en grande partie aux fluctuations de la température et de l'humidité relative. Dans des conditions plus stables, cette perte est plus lente. Ces observations concordent avec le rapport de Stanley et Linskens (1974) voulant que le pollen ne supporte pas les fluctuations extrêmes de l'humidité, celles-ci provoquant alternativement des hausses et des baisses de l'activité métabolique.

La meilleure conservation du pollen constatée sous une HR et des températures réduites concorde avec les résultats obtenus pour la conservation de plusieurs autres espèces (Stanley et Linskens, 1974). Comme on l'a mentionné ailleurs, la déshydratation s'est révélée plus importante que la réduction de température.

L'amélioration de la viabilité du pollen que l'on a observée sur un agent déshydratant permet de croire que le pollen fraîchement recueilli sur des fleurs mâles nouvellement ouvertes contient beaucoup d'humidité et peut devoir être asséché pour rester plus longtemps viable. Les fleurs mâles de l'igname ne s'ouvrent pleinement que par temps chaud et ensoleillé. Il peut s'agir ici d'un mécanisme interne destiné à exposer les grains de pollen à un séchage naturel. Le pollen adhérant aux poils des thrips qui visitent les fleurs possède beaucoup d'humidité mais peut avoir le temps de sécher pendant le vol des insectes ou leurs allées et venues entre les fleurs.

Viabilité du pollen et nouaison des fruits

L'absence de rapport entre la germination du pollen in vitro et la nouaison des fruits montre qu'il n'y a aucune correspondance entre les analyses in vitro et in vivo. Un degré élevé de germination du pollen in vitro n'annonce pas nécessairement une production de semences lorsque l'échantillon servira à la pollinisation dans le champ (Johri et Vasil, 1961). Les facteurs écologiques et génétiques ont, en effet, plus d'influence sur le pourcentage de nouaison des semences que n'en a la viabilité en soi.

AMÉLIORATION DU TUTEURAGE DES TIGES D'IGNAME DANS LE CHAMP

G.F. WILSON ET K. AKAPA

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA)

Dans une grande partie des tropiques humides et sub-humides, la tuteurisation des ignames est effectuée à l'aide de branches d'arbustes mortes ou de celles qui ont été gardées lors de la préparation des terres en jachères. Les terres sont généralement laissées au repos pendant cinq ans au plus et les tuteurs choisis sont le fruit de la régénération naturelle. Certaines espèces tel *Leucaena leucocephala* et *Glyricidia sepuim* peuvent en 1 ou 2 ans seulement servir de tuteurs sur place. En les plantant en rangées, les champs d'ignames seraient plus uniformes et moins désordonnés que ceux où la plantation est faite au hasard de la pousse des tuteurs. On envisage la culture intensive par rotation du maïs et de l'igname en fonction des tuteurs naturels.

In vast areas of the humid and subhumid tropics, yam vines are supported on the in-situ pruned or killed stems of shrubs or trees selectively retained at bush-fallow clearing. Under natural regeneration, the land is left fallow for 5 or more years before it is cleared and selected stems are used as yam support. With selected species such as *Leucaena leucocephala* and *Glyricidia sepuim*, in-situ stem supports are available in 1–2 years. Arranging support plants in rows allows for uniform yam fields instead of the haphazard arrangement associated with bush fallow. An intensive system based on a rotation of maize and yam within the support species is envisaged.

Le survivance, dans les régions tropicales, de l'igname comme culture vivrière importante est actuellement menacée à cause surtout de ses exigences en main-d'oeuvre et de son coût de production (Campbell, 1967 ; Coursey, 1967b). Même si presque toutes les phases de sa culture exigent beaucoup de travail, le tuteurage, ou le support requis pour l'enroulement des tiges, est fréquemment mentionné comme un obstacle majeur à l'expansion de l'igname cultivée. Outre le travail qu'il représente, le tuteurage nécessite l'emploi de perches de bambou ou de branchages que l'on trouve parfois difficilement ou que l'on doit acheter. L'igname cultivée sans support produit sensiblement moins qu'à l'état tuteuré (Coursey, 1967b). Cependant, dans un vaste secteur de l'Afrique occidentale, producteur d'igname le plus important du monde, de nombreux cultivateurs n'utilisent pas de supports, même sachant bien que cette mesure leur apporterait des augmentations sensibles de rendement : la plupart invoquent le manque de main-d'oeuvre nécessaire et la pénurie de tuteurs pour ne pas l'adopter.

Dans les régions plus humides, l'habitude de tuteurer les plants s'est maintenue et elle se justifie plus qu'ailleurs par les problèmes causés par les mauvaises herbes, les maladies contractées par les organes végétatifs en contact avec le sol, et par les rendements inférieurs des plants non soutenus. Dans les endroits où l'on continue de tuteurer l'igname, on se procure les supports parmi les broussailles et les jeunes arbustes qui prédominent dans la jachère boisée. Toutefois, l'augmentation de la population et de ses besoins alimentaires oblige à étendre les superficies cultivées au détriment des terres laissées en jachère, et de nombreux sols ne produisent plus la matière première dont on obtenait les tuteurs. Aujourd'hui de plus en plus de cultivateurs doivent aller chercher des perches de bambou loin de chez eux. L'augmentation des frais d'exploitation, dont ce facteur n'est qu'un élément, se traduit par des prix plus élevés de l'igname, qui pourrait devenir ainsi moins attrayante pour les consommateurs d'aliments farineux et entraîner une baisse de la production. Ce pronostic perdrait beaucoup de son caractère pessimiste si l'on pouvait trouver un remède satisfaisant au problème du tuteurage.

Bien que ce problème existe depuis longtemps, on n'a fait que peu d'efforts pour lui trouver une solution ou adopter des moyens moins coûteux de soutenir les plants d'igname (Campbell, 1967 ; Kennard et Morris, 1956). Nous avons donc voulu nous attacher à cette tâche et tenter de proposer quelques solutions.

Comment se pratique le soutien des plants

Coursey (1967b) a passé en revue les moyens de soutien en usage dans la culture de l'igname.

- On se sert notamment de tiges et de branches d'arbustes ou de buissons croissant dans la jachère. On les débarrasse généralement de leurs feuilles ou on en arrête la croissance en les brûlant à la base. Une tige peut soutenir plus d'un pied d'igname.
- Des arbres d'une certaine valeur économique et laissés intacts sont reliés par des cordes au pied des tiges d'igname, celles-ci peuvent s'y attacher jusqu'à une hauteur de 3 à 6 m. Un seul arbre peut ainsi servir de tuteur à plusieurs plants d'igname.
- On se sert de perches de bambou ou de bois, d'un diamètre de 2 à 10 cm, le bambou étant particulièrement apprécié. Les hauteurs varient également mais sont couramment de 2 à 5 m. Ici encore, les bambous sont généralement les plus hauts. Ces tuteurs sont souvent renforcés contre les tempêtes, 3 ou 4 étant liés ensemble par le haut, ou attachés en rangs parallèles et reliés entre eux par de minces traverses horizontales.
- Les tiges de récoltes précédentes, en particulier les tiges rigides du sorgho, peuvent servir de tuteurs notamment dans les régions de savanes de l'Afrique occidentale où on les coupe fréquemment pour les conserver pendant la saison sèche. On en lie souvent plusieurs par le haut pour solidifier le support.
- Selon le régime pluvial local, il arrive qu'on plante l'igname sur billons au pied des plants de sorgho et souvent avant la récolte de ce dernier. Le sorgho donne de l'ombre aux plants d'igname, les garde au frais pendant les grandes chaleurs et évite de devoir les recouvrir d'un paillis. Lorsque l'igname se met à pousser à la saison des pluies, on recourbe les tiges de sorgho à environ 1 m du sol, en les entrelaçant parfois en treillis bas qui résiste assez bien au vent et se maintient généralement pendant la période de croissance de l'igname à laquelle il sert de support.
- D'autres plantes cultivées en association avec l'igname peuvent aussi lui servir de support. Mentionnons le maïs, le sorgho, l'okra, le pois d'Angole, le cotonnier et le ricin. Ces récoltes lui disputent cependant le sol et la lumière, aussi le rendement de l'igname soutenue de cette façon est-il généralement faible.
- On emploie parfois des sortes de treillis, généralement en bois ou en bambou, placés à diverses hauteurs. On en voit souvent dans les jardins mixtes des savanes ou près des villes où les perches sont rares. Les perches en bois ou en métal ainsi que les treillis métalliques (Campbell, 1967) en usage dans les stations expérimentales ne sont pas à la portée des cultivateurs.
- Les clôtures à mailles (Kennard et Morris, 1956) ont été utilisées avec succès pour les ignames stéroïdes mais ne sont sans doute pas économiques pour les ignames comestibles.

Importance du tuteurage de l'igname

Le tuteurage reste le moyen le plus courant de soutenir l'igname (Coursey, 1967b) et, dans la plupart des cas, le plus pratique. Sauf dans les endroits où la matière première fait défaut, le tuteurage sera sans doute également le procédé le plus économique. En raison de son importance, c'est de ce côté que les recherches se concentrent pour trouver un bon support à l'igname.

Le tuteurage, comme du reste tout autre mode de support, soulève les tiges de l'igname, expose à la lumière une plus vaste surface foliaire et stimule donc la photosynthèse (Chapman, 1965). Plus il y aura de feuillage exposé, plus considérable sera la récolte en perspective. C'est pourquoi certains supports comme les treillis métalliques, en favorisant l'étalement des feuilles, ou un plus haut indice de surface foliaire, donnent de meilleurs rendements que les tuteurs. L'igname tuteurée produit plus qu'une récolte non soutenue et, peut-être, le manque de sarclage contre les plantes adventices dans les parcelles non tuteurées a-t-il aussi un effet défavorable sur les résultats.

Les cultivateurs des régions humides estiment généralement qu'ils obtiennent de meilleurs résultats avec des tuteurs élevés. Coursey (1967b), d'après des études faites au Ghana, prétend de son côté que les tuteurs très hauts ne présentent pas d'avantage spécial. Les rendements n'ont guère augmenté quand on a porté leur hauteur de 1,7 à 3,6 m. Cependant l'effet peut dépendre du cultivar utilisé (Coursey 1967b).

Il se dégage de la documentation restreinte dont on dispose, que l'effet du tuteurage ou, plus généralement, du soutien de tiges d'igname est positif. Cependant cet effet ne sera vraiment bénéfique financièrement que si le tuteurage est suffisamment économique.

L'importance spéciale de l'igname

Pour plusieurs populations de l'Afrique occidentale, l'igname n'est pas seulement un aliment fari-

neux des plus courants, mais un symbole culturel et quasi sacré dont on ne comprend guère le sens en dehors des cercles religieux des tribus concernées. On doit noter que les pratiques culturelles sont restées particulièrement vivaces dans la zone des forêts humides où l'igname et d'autres plantes et tubercules farineux forment avec le plantain la base de l'alimentation. Dans les régions plus sèches où les céréales ont acquis plus d'importance, on n'accorde aucun caractère religieux spécial à l'igname, même lorsque sa culture est prédominante.

Il n'existe que peu d'informations sur les relations qui se sont établies entre les humains et les plantes qu'ils cultivent dans ces régions, mais l'origine et la distribution des plantes cultivées les plus importantes peuvent revêtir un sens très net. Par exemple, dans les régions où l'igname a acquis un certain caractère religieux, elle a été à diverses époques la seule récolte pouvant assurer une nourriture se conservant pendant les saisons sèches. Représentant une garantie de survivance pour la population, peut-être celle-ci lui accorde-t-elle une valeur spéciale. Dans ces régions, elle est aussi un symbole de prospérité.

Le rang occupé par l'igname explique pourquoi tant de personnes, mêmes conscientes du coût supplémentaire du tuteurage dans sa production, sont persuadées que cette dernière se maintiendra même en concurrence avec des succédanés farineux plus économiques. Il est peu probable que d'autres plantes cultivées se substituent à l'igname et à ce qu'elle représente aux points de vue alimentaire, culturel et religieux en Afrique occidentale.

Nouvelles conceptions du tuteurage

Les cultivateurs indigènes pratiquent le tuteurage de l'igname par l'un des moyens suivants :

- Branches recueillies sur place dans la jachère de brousse ;
- Tiges restées sur le champ après une récolte précédente ; et
- Tuteurs.

Les recherches en vue de trouver et de faire adopter des moyens de soutien peu coûteux s'inspirent de ceux qui existent déjà aujourd'hui et qui sont depuis si longtemps en usage. En partant, par exemple, de branches empruntées à la jachère boisée locale, l'IITA a voulu améliorer le procédé. À l'écartement de 1,5 × 1,0 m, les branches ont donné un rendement inférieur (17 t/ha) à celui de tuteurs ordinaires espacés de 1,0 × 1,0 m (26 t/ha), même si la levée a été proportionnellement un peu plus élevée avec les branches (70 % contre 64 %). À écartements égaux, on n'a noté aucune différence entre les deux. À l'écartement de 1,5 × 1,0 m l'igname tuteurée avec les branches trouvées sur place a donné un rendement de 20,7 t/ha, comparativement à 20,6 t/ha avec les tuteurs ordinaires. L'avantage le plus important a été qu'on a pu obtenir des tiges de soutien suffisantes plus rapidement qu'en les empruntant à la jachère boisée. Les arbustes *Leucaena leucocephala* ont donné de bonnes tiges de soutien dans le délai relativement court de 1 à 2 ans, comparativement aux 5 à 7 années qu'il faut à la végétation naturelle de la jachère pour en fournir.

On a également utilisé le *Leucaena leucocephala* de deux autres façons : comme tuteurs classiques, et comme supports horizontaux. Dans ce dernier cas, les sommités et les petites branches sont jetées sur le sol et les tiges de l'igname poussent par-dessus. Les branches trop courtes pour servir de tuteurs soutiennent les tiges et étalent à la lumière une plus grande surface foliaire. Les rendements obtenus n'ont pas été très différents de ceux des récoltes bénéficiant du tuteurage ordinaire (1,61 tubercule par butte et 25,5 t/ha comparativement à 1,44 et 25,9 pour les tuteurs).

Ces procédés devraient prendre de l'importance dans les régions à population croissante, ou la durée de la jachère a été réduite à des périodes trop courtes pour produire du bois pouvant servir de tuteurs. Avec les espèces appropriées, on pourrait produire du bois de ce genre dans des sols marginaux inaptes à la culture. Des expériences en cours révèlent que l'on pourrait obtenir annuellement plus de 20 000 tuteurs d'une seule plantation de *Leucaena leucocephala*. Telle a été la production, pour une période de trois années, de sols qui ne donnent encore aucun signe d'épuisement.

Conclusion

Le problème du tuteurage de l'igname pourrait être résolu par la culture de plantes arbustives à croissance rapide. Les supports ainsi obtenus pourraient être utilisés sur place comme on l'a toujours fait pour la culture traditionnelle de l'igname après jachère, ou bien pourraient être coupés et utilisés comme des tuteurs ordinaires. Dans ce dernier cas, on pourrait affecter certains sols marginaux voisins à la production des arbustes nécessaires. Rationnellement pratiqué, ce système fournirait des tuteurs à un prix modique et réduirait d'autant les coûts de production de l'igname.

INFLUENCE DES ENGRAIS CHIMIQUES SUR LE RENDEMENT ET LA DURÉE DE CONSERVATION DE L'IGNAME BLANCHE

K.D. KPEGLO, G.O. OBIGBESAN ET J.E. WILSON

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA)

Recherches conduites sur l'évaluation de l'influence des éléments nutritifs de N, P et K sur la culture et l'aptitude à la conservation des tubercules de l'igname blanche *Dioscorea rotundata* Poir. Le cultivar Nwapoko répond bien à une dose élevée d'azote (90 kg/ha), à une dose faible de phosphore (30 kg/ha) dans des sols où il y a carence de ces éléments, signe des exigences de l'igname qui préfère des sols riches en azote et pauvres en phosphore. Les combinaisons $N_{45}PO$, K_{30} $N_{90}P_{25}K_{30}$, et $N_{90}P_{50}K_{30}$ ont donné les rendements les plus élevés, soit respectivement 42,65, 42,95 et 42,22 t/ha ou 38,43, 34,03 et 43,28 t/ha de tubercules de taille commerçante, ce qui signifie un rendement de 36,9 % supérieur à celui de la parcelle témoin. Les apports de N, P et K n'affectent pas sensiblement la perte de poids chez les tubercules entreposés. Mais une dose élevée d'azote a augmenté considérablement le taux de germination en cours de stockage. Cependant, un pourcentage élevé d'azote a sensiblement augmenté la germination de tubercules stockés alors que le dosage plus élevé de phosphore et de potasse a éliminé la croissance des germes, ce qui augmente la durée d'entreposage des tubercules de trois et même trois mois et demi après la récolte.

Studies were undertaken to assess the influence of fertilizer nutrient elements (N, P, and K) on the yield and storability of tubers of the white yam, *Dioscorea rotundata*. The yam cultivar, Nwapoko, responded significantly to high rates of nitrogen (90 kg N/ha), low rates of phosphorus (30 kg P/ha) in soils low in these nutrients — an indication of the high nitrogen but low phosphorus requirements of the yam plant. Highest yields were obtained from the nutrient combinations of $N_{45}P_0K_{30}$, $N_{90}P_{25}K_{30}$, and $N_{90}P_{50}K_{30}$, which produced tuber yields of 42.65, 42.95, and 42.22 t/ha, respectively, or marketable tubers of 38.43, 34.03, and 34.28 t/ha, respectively, representing yield increases of up to 36.9% over the control plot. Loss in tuber weight during storage was not significantly affected by N, P, or K fertilization. However, high rates of nitrogen significantly increased the percent sprouting of stored tubers, and increasing rates of phosphorus and potassium tended to suppress sprouting and, thus, enhance the storability. It is indicated that P and K fertilizers applied to yams would enhance the storage life of the tuber up to about 3–3.5 months after harvest.

L'un des problèmes majeurs des producteurs d'igname est d'évaluer correctement les apports d'engrais chimiques nécessaires à l'obtention de meilleurs rendements. Dans une agriculture de subsistance, l'igname a toujours été cultivée en tête d'assolement, commençant sur défriche ou après jachère. Elle pouvait ainsi bénéficier de la fertilité naturelle de ce sol. Dans l'agriculture intensive, le même sol est cultivé plus assidûment de sorte qu'il perd beaucoup plus de ses éléments fertilisants. L'igname étant une plante exigeante à ce point de vue (Obigbesan et alii, 1976 ; Obigbesan, 1977) les producteurs doivent reconstituer la fertilité naturelle du sol par des apports d'engrais minéraux. Un autre aspect important de la culture de l'igname est sa conservation après la récolte. Certains cultivateurs persistent à croire que les engrais chimiques ont des effets nuisibles, soit qu'ils brûlent la récolte ou qu'ils exposent les tubercules à pourrir plus facilement en cours de stockage. Bien que l'on ait beaucoup étudié la conservation de l'igname, on s'est à peine préoccupé de l'influence que pourraient avoir les engrais (Coursey, 1967a ; Adesuyi, 1973). Les quelques rapports dont on dispose ont indiqué que les engrais, azotés, phosphoriques et potassiques, n'affectent pas notablement la perte de poids des tubercules entreposés (Umanah, 1973 ; Lyonga, 1976 ; Azih, 1976). Notre but, dans cette étude, est de rapporter les réactions d'un cultivar bien connu, *Dioscorea rotundata*, aux engrais N, P et K et les effets de ces derniers sur les pertes de poids et la germination des tubercules conservés ; toute germination prématurée est, en effet, fatale à une bonne conservation.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les recherches se sont déroulées à l'Institut inter-

national d'agriculture tropicale, depuis avril 1977 jusqu'à mai 1979. L'expérience qui a eu lieu en 1977 (plantation de l'igname le 18 avril 1977, récolte le 14 novembre 1977) était considérée comme préliminaire, comprenant une combinaison factorielle NPK de quatre doses d'azote (0, 50, 100 et 150 kg/ha) et de deux doses de P et K chacune (0, 50 et 0, 60 kg/ha respectivement). En 1978, le cultivar utilisé pour les essais, Nwapoko, a reçu trois doses d'azote (0, 45 et 90 kg/ha) sous forme de sulfate d'ammonium, trois doses de phosphore (0, 25 et 50 kg/ha) à l'état de superphosphate monocalcique, et trois doses de potassium (0, 30 et 60 kg/ha) sous forme de muriate de potasse. Nous avons appliqué 27 traitements, chacun en triple, en adoptant la méthode des blocs. La parcelle mesurait 7 × 3 m. Le 1er mai 1978, nous avons planté sur billons, à l'écartement de 1 × 1 m, de petits tubercules entiers (semenceaux) du cultivar d'igname Nwapoko, pesant chacun 300 g. Les plants ont été tuteurés avec des tiges de bambou de 2,5 m de long. Six semaines après la plantation, ils ont reçu un apport d'engrais autour du pied, qu'on a ensuite incorporé au sol. Le terrain a été sarclé à la main, quand c'était nécessaire. À la récolte, environ 7 mois après la plantation, on a relevé le poids total des racines fraîches et celui des tubercules de qualité marchande. Ceux dont le poids était inférieur à 500 g, qui étaient pourris ou infestés de nématodes, ont été exclus de ces derniers.

Pour la conservation, 20 tubercules marchands provenant de chaque parcelle de traitement ont été attachés pendant 6 mois à des supports, dans une grange ordinaire dont les moyennes de température intérieure, diurne et nocturne, était respectivement de 35 °C et 25,3 °C, et l'humidité relative moyenne de 40 % et 94 %. Les tubercules germés ont été comptés toutes les 2 semaines et leur pourcentage calculé comme étant le rapport entre le nombre de tubercules germés et celui des tubercules restant au moment de l'observation, multiplié par 100. Toutes les 8 semaines, on enlevait les tubercules pourris et l'on pesait ceux qui restaient. On a également calculé les pertes de poids en pourcentage, soit le poids initial moins le poids au moment de l'observation, divisé par le poids initial multiplé par 100, à 8, 16 et 24 semaines après la récolte. Les germes étaient enlevés après chaque relevé.

Résultats et discussion

Rendements et composantes du rendement

Le Tableau 1 donne les effets de N, P et K sur les rendements en racines fraîches, qui se sont échelonnés de 31,11 t/ha à 42,95 t/ha. Le Tableau 2 donne les effets des mêmes engrais sur les tubercules de qualité marchande. Les plus hauts rendements marchands révèlent des augmentations allant jusqu'à 36,9 % par rapport aux plants témoins non fertilisés. Il est absolument évident que ces augmentations sont

Tableau 1. Effet de N, P et K sur le rendement en racines fraîches (en t/ha) du cultivar d'igname blanche Nwapoko, 1978.[a]

	P_0			P_{25}			P_{50}		
	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}
N_0	31,37 gh	35,14 defgh	33,79 efgh	39,87 abcde	31,75 fgh	31,11h	34,54 defgh	34,51 defgh	34,38 defgh
N_{45}	34,76 defgh	42,65a	37,49 abcd efgh	40,86 abcd	37,94 abcd efg	36,03 bcdefgh	38,10 abcdef	34,51 defgh	40,13 abcde
N_{90}	38,70 abcde	37,78 abcd efg	36,63 abcd efgh	41,08ab	42,95ab	39,78 abcde	35,62 cdefgh	42,22 abc	40,51 abcde

a) Les valeurs accompagnées d'une lettre commune ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %, selon le nouveau test de Duncan à portée multiple.

Tableau 2. Effet de N, P et K sur le rendement en tubercules marchands (en t/ha) du cultivar d'igname blanche, Nwapoko, 1978.[a]

	P_0			P_{25}			P_{50}		
	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}
N_0	24,65d	27,24bcd	26,59bcd	34,54abc	26,79bcd	24,99bcd	27,62bcd	26,25bcd	25,78bcd
N_{45}	27,74bcd	38,43a	31,21abcd	33,87abcd	31,87abcd	26,19bcd	31,08abcd	27,84bcd	34,63ab
N_{90}	31,02abcd	31,68 abcd	29,46abcd	33,14abcd	38,03a	30,00abcd	25,78bcd	34,28abcd	32,89abcd

a) Les valeurs accompagnées d'une lettre commune ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %, selon le nouveau test de Duncan à portée multiple : chaque valeur représente la moyenne de trois observations.

Tableau 3. Effet de N, P et K sur le poids moyen des tubercules (kg/tubercule) du cultivar d'igname blanche, Nwapoko, (1978).[a]

	P_0			P_{25}			P_{50}		
	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}
N_0	1,97d	2,08d	2,12cd	2,55abcd	2,25cd	2,11cd	2,51abcd	2,00d	1,99d
N_{45}	2,43abcd	3,05a	2,38abcd	2,55abcd	2,42abcd	2,47abcd	2,65abcd	2,20cd	2,85abc
N_{90}	2,69abcd	2,47abcd	2,57abcd	2,67abcd	3,02ab	2,27bcd	2,16cd	2,50abcd	2,84abc

a) Les valeurs accompagnées d'une lettre commune ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %, selon le nouveau test de Duncan à portée multiple.

Tableau 4. Effet de N, P et K sur le nombre de tubercules par 100 plants du cultivar d'igname blanche, Nwapoko, 1978.[a]

	P_0			P_{25}			P_{50}		
	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}	K_0	K_{30}	K_{60}
N_0	159	170	163	159	141	147	138	173	183
N_{45}	144	141	157	160	157	148	145	157	141
N_{90}	144	154	143	154	143	178	179	175	143

a) Pas de différence significative au seuil de probabilité de 5 %, selon le nouveau test de Duncan à portée multiple : chaque valeur représente la moyenne de trois observations.

attribuables non pas au nombre des tubercules mais à leur grosseur accrue (Tableaux 3 et 4).

En doublant l'apport d'azote, de 45 kg/ha à 90 kg/ha, on a également doublé le rendement (7,33 comparativement aux 3,39 t/ha précédentes) ; le phosphore a donné de meilleurs résultats à la dose de 25 kg/ha qu'à la dose de 50 kg/ha, soit une augmentation de rendement de 8,5 t/ha comparativement à 3,17 t/ha. Ces chiffres sont révélateurs des exigences élevées en azote et des besoins plus modestes de phosphore du cultivar mis en terre (Tableau 5). Des doses de 30 kg/ha de potasse ont également été plus profitables que des quantités plus élevées dans ce genre de sol déjà bien pourvu en potasse.

Les apports d'azote et de phosphore ont produit des tubercules nettement plus gros (Tableau 6), et le poids des tubercules marchands a également fort augmenté avec l'apport de 25 kg de P par hectare (Tableau 6). Ces chiffres donnent la limite des avantages qu'on peut attendre de la fertilisation de l'igname. P et K en doses élevées ont fait baisser le rendement total et celui des tubercules marchands du cultivar. Plusieurs auteurs (Rouanet, 1967) ; Gooding et Hoad, 1967 ; Lyonga, 1976) ont rapporté des résultats positifs, suite à l'apport d'engrais dans des sols déficients en N, P et K. Obigbesan et alii (1976), Obigbesan, (1977) et Young (1976) ont souligné que l'on pouvait considérer comme déficients les sols contenant moins de 0,1 % de N, moins de 10 ppm de P (Bray 1-P) et moins de 0,15 me/100 g de potassium échangeable, et que l'on pouvait attendre dans ces sols une réaction positive de l'igname aux engrais chimiques. Les résultats de nos analyses précédant la récolte (pH 5,3 ; C organique 0,99 % ; N 0,088 % ; 6,8 ppm de P et 0,35 me/100 g de K) indiquaient que des apports d'azote et de phosphore pourraient être bénéfiques, mais non le potassium.

Tableau 5. Limite des effets bénéfiques de chaque élément fertilisant sur *D. rotundata*, 1978.[a]

	Rendement en tubercules frais (t/ha)	Augmentation du rendement (Δt/ha)	Poids moyen des tubercules (kg/tubercule)	Augmentation du poids des tubercules (Δkg/tubercule)	Rendement marchand (t/ha)	Augmentation du poids marchand (Δt/ha)
N_0	31,37 b	–	1,97 b	–	24,65 b	–
N_{45}	34,76 ab	3,39	2,43 ab	0,46	27,74 b	3,09
N_{90}	38,70 a	7,33	2,69 a	0,72	31,02 b	6,37
P_0	31,37 b	–	1,97 b	–	24,65 b	–
P_{25}	39,87 a	8,50	2,55 a	0,58	34,54 a	9,87
P_{50}	34,54 ab	3,17	2,51 a	0,54	27,62 b	2,97
K_0	31,37 b	–	1,97 a	–	24,65 b	–
K_{30}	35,14 b	3,77	2,08 a	0,11	27,24 b	2,59
K_{60}	33,79 b	2,42	2,12 a	0,15	26,59 b	1,94

a) Les valeurs accompagnées d'une lettre commune pour un élément fertilisant et dans une colonne et un élément fertilisant ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %, selon le nouveau test de Duncan à portée multiple.

Conservation

Le Tableau 6 reproduit les effets des engrais azotés, phosphoriques et potassiques sur les pertes de poids, en pourcentages, des tubercules entreposés. Comparativement aux résultats obtenus des parcelles non fertilisées ($N_0P_0K_0$), les éléments fertilisants en fortes doses semblent avoir réduit le pourcentage des pertes de poids jusqu'à 16 semaines après la récolte (Tableau 6) ; la même observation s'est montrée plus ou moins valable également dans le cas des plantes fortement fertilisées durant l'expérience de 1977 (Tableau 6). Cependant, selon le nouveau test à portée multiple de Duncan, les différences n'ont pas été significatives, statistiquement. D'autres chercheurs, Umanah (1973), Azih (1976) et Lyonga (1976) n'ont observé aucun effet de N, P et K sur la perte de poids des tubercules entreposés.

Le résultat le plus notoire des études sur la conservation a été de constater que l'azote en fortes doses augmentait sensiblement la proportion des tubercules germés (Tableau 7). Cet effet de N s'est révélé plus constant dans les résultats de 1978 que dans l'étude préliminaire de 1977. Les différences entre les tubercules témoins et ceux fertilisés à l'azote ont été significatives jusqu'à 13 semaines après la récolte (SAR). Par contre, la germination des tubercules fertilisés avec P a été réduite de façon significative jusqu'à 4 SAR. Bien qu'on n'ait relevé pratiquement aucune différence entre les plants ayant reçu ou non un apport de K en 1977, les résultats de 1978 ont indiqué un certain ralentissement de la germination des tubercules conservés provenant de parcelles ayant reçu de fortes doses de K (Tableau 7), jusqu'à 15 SAR. On peut donc en déduire que les engrais phosphoriques et potassiques favorisent la conservation des tubercules d'igname durant 3 à 3 mois et demi après la récolte.

Conclusion

Le rôle de l'azote dans la production de l'igname revêt une importance unique. Cette étude démontre

Tableau 6. Effet de chacun des éléments fertilisants sur la perte de poids, en pourcentage, des tubercules de *D. roundata* c.v. Nwapoko, durant leur conservation, en 1978 (les chiffres entre parenthèses s'appliquent à 1977).[a]

	Semaines après la récolte		
	8	16	24
N_0	26,68 (5,40)	55,20 (31,64)	63,63 (62,27)
N_{45} (N_{50})	32,48 (7,09)	56,89 (29,81)	64,24 (50,79)
N_{90} (N_{100})	19,32 (7,28)	46,85 (27,41)	60,47 (61,92)
(N_{150})	– (6,48)	– (28,74)	– (56,14)
P_0	26,68 (5,40)	55,20 (31,64)	63,63 (62,27)
P_{25}	29,32 –	53,71 –	63,63 –
P_{50}	20,17 (6,65)	47,00 (32,47)	59,93 (59,38)
K_0	26,68 (5,40)	55,20 (31,64)	63,63 (62,27)
K_{30}	34,79 –	60,11 –	69,76 –
K_{60}	27,47 (3,68)	58,44 (27,22)	68,24 (60,93)

a) Aucune différence significative entre les valeurs données pour chaque élément fertilisant, selon le nouveau test de Duncan à portée multiple, au seuil de probabilité de 5 %.

Tableau 7. Effet de chacun des éléments fertilisants sur le pourcentage de germination des tubercules du cultivar d'igname blanche, Nwapoko, pendant leur stockage en 1978 (les chiffres entre parenthèses s'appliquent à 1977).[a]

	Semaines après la récolte					
	7 (8)	9 (10)	11 (12)	13 (14)	15 (16)	17
N_0	15,97 (6,67)	27,40 (45,70)	61,14 (81,40)	75,56b (91,49)	96,97 (98,33)	96,97
$N_{45}(N_{50})$	16,55 (5,0)	24,98 (41,23)	73,04 (74,03)	89,28ab (87,81)	94,87 (100,00)	100,00
$N_{90}(N_{100})$	19,06 (15,00)	49,78 (54,12)	79,17 (77,63)	100,00a (94,82)	100,00 (98,33)	100,00
(N_{150})	– (15,00)	– (47,46)	– (73,16)	– (93,33)	– (100,00)	
P_0	15,97 (6,67)	29,40 (45,70)	61,14 (81,40)	75,56 (91,49)	96,97 (98,33)	96,97
P_{25}	12,67 –	29,31	65,95	93,05 –	95,01 –	96,97
P_{50}	14,25 (3,33)	30,46 (35,96)	70,46 (71,49)	89,78 (86,58)	92,04 (98,33)	100,00
K_0	15,97 (6,67)	29,40 (45,70)	61,14 (81,40)	75,56ab (91,49)	96,97ab (98,33)	95,01
K_{30}	18,50 –	35,36 –	66,16 –	95,00a –	100,00a –	75,51
K_{60}	7,41 (11,67)	18,75 (46,67)	48,64 (76,67)	67,91b (95,00)	83,33b (100,00)	97,44

a) Les valeurs accompagnées d'une lettre commune dans la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 % selon le test de Duncan à portée multiple.

que, en plus d'augmenter le rendement total en racines fraîches et en tubercules marchands, l'azote stimule la germination pendant l'entreposage. Ainsi, les cultivateurs qui useront abondamment des engrais azotés pour obtenir de gros rendements feront bien de vendre ou transformer rapidement leur récolte pour éviter les pertes auxquelles les exposerait la germination excessive des tubercules entreposés. L'usage de fortes doses d'azote comme engrais a donc pour effet à la fois d'augmenter sensiblement la production mais aussi de hâter la germination en interrompant trop tôt la dormance des tubercules en entrepôt. Cette constatation peut avoir son utilité dans la multiplication rapide du matériel destiné aux programmes de sélection.

Ces résultats indiquent également que les combinaisons optimales d'éléments fertilisants peuvent réduire non seulement les pertes proportionnelles de poids pendant la conservation mais aussi celles qui sont imputables à la germination. Ainsi, le cultivateur désireux de réduire les pertes de poids de ses tubercules, s'il est en mesure de vendre ou de transformer ces derniers peu après leur récolte obtiendrait les meilleurs résultats d'un amendement fortement azoté ; quant à celui qui préfère conserver ses tubercules plus longtemps et doit pour cela réduire la germination, il aura plus de chances en utilisant l'azote en doses modérées, et le phosphore et la potasse de façon plus généreuse.

La tendance de la fertilisation phosphorique et potassique à retarder la germination des tubercules jusqu'à 3 mois et demi environ après la récolte, devra être plus approfondie et confirmée pour d'autres cultivars d'igname.

INFLUENCE DES PLANTES ADVENTICES SUR L'IGNAME BLANCHE

R.P.A. UNAMMA, I.O. AKOBUNDU ET A.A.A. FAYEMI

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE, IBADAN (NIGÉRIA) ET DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE, UNIVERSITÉ D'IBADAN, IBADAN (NIGÉRIA)

Recherche sur l'incidence des mauvaises herbes sur la croissance et le développement de l'igname blanche (*Dioscorea rotundata* Poir. cv. Nwapoko) cultivée sur des alfisols (glaise sableuse Apomu) à Ibadan (Nigéria). Les résultats ont démontré que la durée de l'action des mauvaises herbes s'étend de 4 semaines à la saison entière. De la 10e à la 22e semaine après la plantation, au moment de la levée, l'igname a été plus affectée par les mauvaises herbes. A environ 10 semaines, les racines étaient beaucoup plus développées que les parties aériennes, phase II qui dure jusqu'à la 14e semaine. La phase III, de 15 à 22 semaines après les semis, est caractérisée par le développement des tubercules. La réduction des matières sèches tirées des racines, tiges et feuilles et du taux de croissance des tubercules a été évaluée par rapport à la proportion de baisse de rendement en tubercules. La période pendant laquelle les mauvaises herbes ont le plus contribué à diminuer le rendement en tubercules correspond à celle prévue par les paramètres de croissance et de développement. Les effets nocifs des mauvaises herbes au cours de la phase III, soit de 15 à 22 semaines suivant la plantation, ont été jusqu'à 65 % supérieurs à l'incidence sur la phase I et 36 % de plus que sur la phase II. La période critique des effets des mauvaises herbes sur l'igname blanche correspond aux phases de croissance, au moment de développement maximal des feuilles et des tubercules. Les effets nocifs subis au cours d'une phase donnée se répercutent sur la suivante.

The effects of weed interference on the growth and development of white yam (*Dioscorea rotundata* Nwapoko cultivar) were evaluated in an alfisol (Apomu sandy loam) in Ibadan, Nigeria. The evaluation indicated that weed interference ranged from 4 weeks to full season. From planting date, yam was more affected by weeds between 10 and 22 weeks than at other times. At about 10 weeks, the shoot exhibits greater growth than do the other growth organs (phase II), and this growth phase persists to 14 weeks after planting. The growth phase predominated by increased tuber bulking (phase III) is from 15 to 22 weeks after planting. Reductions in dry-matter accumulation in the crop roots, vines, and leaves as well as reductions in the fresh tuber relative growth rate were closely correlated with percent reductions in fresh tuber yield. The time that weeds caused serious reductions in tuber yields corresponded to the time interval during which loss in the growth and development parameters indicated yield-reducing potential. The adverse effects of weed interference during growth from 15–22 weeks after planting (phase III) was 65% more than that caused by weeds during maximum root development (phase I) and was 36% more than that observed at 10–14 weeks after planting (phase II) in white yam. The critical stages for weed interference in yam synchronized with the growth phases when leaf development and tuber bulking were maximal. Adverse effects at a given phase tended to be carried over to subsequent phases.

Les pertes de rendement infligées aux récoltes par l'envahissement des plantes adventices dépendent de la somme de lumière, d'humidité et d'éléments fertilisants qu'elles détournent aux dépens de la plante cultivée (Blackman et Templeman, 1938 ; Hurst et Feltner, 1966 ; Wiese et alii, 1964) ; elles dépendent également de l'influence allélopathique des plantes adventices sur la récolte (Grummer, 1965 ; Winter, 1961).

L'intrusion des mauvaises herbes débute en même temps que le cycle végétatif de la plante cultivée et se poursuit souvent pendant la majeure partie de ce cycle. Les plantes adventices lèvent avec la récolte et d'autres leur succèdent presque constamment (Hurst et Feltner, 1966 ; Wiese et alii, 1964). Kasasian et Seeyave (1969) et Nieto et alii (1959) estiment que les 30 premiers jours de la plante cultivée sont les plus critiques pour la concurrence que livrent les mauvaises herbes aux cultures de maïs, de fèves et de patates douces, mais que cette période est beaucoup plus longue dans le cas de l'igname.

Les graminées et les plantes adventices annuelles à feuilles étalées qui envahissent librement les cultures d'igname constituent le principal obstacle, à ce point de vue, dans la zone des forêts humides du

Nigéria, où elles réduisent parfois les rendements de 90 % (Onochie 1974). On a suggéré que cette réduction provient des dommages causés par les mauvaises herbes pendant la formation des tubercules plutôt que pendant la période de développement des parties aériennes (Onochie, 1974). Des études effectuées à Ibadan (IITA 1973, 1978), il résulte que les 16 semaines suivant la plantation sont les plus critiques pour l'igname ; Onwueme (1975a, b) a signalé que les tubercules commencent à se former entre la 10e et la 11e semaine après la levée. Cette période se situe dans la phase II (6–13 semaines après la levée) du cycle en quatre phases de la végétation de l'igname ; elle se caractérise par le développement du feuillage et le début de formation des tubercules. La phase I (entre la germination et la 6e semaine après la levée) est presque entièrement consacrée au développement d'un abondant réseau radiculaire et à l'allongement des tiges ; la phase III est celle du grossissement des tubercules, et la phase IV finale est marquée par la sénescence prononcée de la tige, peut-être accompagnée d'une certaine réduction du poids sec des tubercules (Sobulo, 1972 ; Njoku et alii, 1973).

Bien qu'il soit généralement reconnu que les plantes adventices réduisent le rendement des récoltes d'igname, on connaît mal les facteurs qui sont à la base de cette action. Notre enquête avait donc pour but d'explorer les effets de l'incidence des plantes adventices — ou mauvaises herbes — sur la croissance et le développement de l'igname blanche et d'identifier les composantes du rendement les plus affectées par l'intervention de cette végétation et leur rôle respectif dans la diminution de production enregistrée.

Matériels et méthodes

L'étude avait pour site une ferme expérimentale de l'Institut international d'agriculture tropicale. La moyenne des précipitations annuelles à cet endroit était de 140 cm, réparties en deux saisons de pluies : mars à juillet et septembre à novembre. La température atmosphérique oscillait entre 20 °C et 36 °C. Le sol était un alfisol (terre franche sableuse d'Apomu). Les conditions de l'environnement étaient favorables au développement rapide des plantes adventices aussi bien que de l'igname.

L'expérience a été conduite d'après la méthode des blocs, avec trois répétitions. Les semenceaux d'igname, de 400 g chacun, ont été plantés sur billons, à intervalles de 100 × 100 cm. Les parcelles affectées à chaque traitement mesuraient 5 m de large sur 10 de long.

Les semenceaux des première et deuxième répétitions consistaient en collets prégermés qui avaient atteint, ou avaient été réséqués au stade des deux noeuds, tandis que la troisième répétition comportait des collets non germés (ainsi, le moment de la plantation est pris ici comme étant celui de la levée puisque plus de 66 % de la plantation totale était constituée de plants germés (Onwueme, 1978). En tout cas, de toutes les plantations en répétition, trois avaient levé dès la 4e semaine après la mise en terre. L'expérience a débuté avec la saison des pluies. La première moitié de chaque parcelle a servi d'échantillon destructible aux fins d'informations sur la croissance et le développement des plants. L'autre moitié a été conservée pour le calcul du rendement de l'igname. La fertilisation (N, P, K) a été effectuée à raison de 30 kg/ha (15:15:15), 8 semaines après la plantation.

Dans une série de traitements, on a laissé les plantes adventices se développer librement avec l'igname pendant 4, 8, 12, 16, 20, ou 24 semaines après la plantation ; ensuite, la récolte a été maintenue désherbée jusqu'à son terme par des sarclages répétés. Les témoins comprenaient des parcelles tenues désherbées ou enherbées jusqu'à la récolte de l'igname.

Pour étudier la croissance et le développement, nous avons effectué des prélèvements, au hasard, dans les parcelles de trois plantations d'ignames servant à l'échantillonnage destructible. Ces prélèvements ont été effectués à intervalles de 4 semaines, en commençant 4 semaines après la levée et se poursuivant jusqu'à la 24e. Les informations relevées pour l'igname portaient sur les tiges, la formation de matière sèche dans les feuilles, par plantation (1 m^2) et par jour, et sur le taux de développement relatif des tubercules (TDRT). Ce dernier facteur (TDRT) a été obtenu en trouvant le logarithme népérien du poids réel, ou la mesure de surface d'après la méthode décrite par Little et Hills (1972). On s'est servi du taux de développement relatif parce que, dans le cas de données sujettes à des variations inévitables ce chiffre, représenté graphiquement, donne une bonne indication de la nature du développement (Evans 1972 ; Paterson 1949).

Les données concernant la biomasse des plantes adventices ont été obtenues à l'aide de prélèvements sur une superficie de 2 m^2, au milieu des deux billons centraux de chaque parcelle. Ces informations sur la biomasse en tant que fonction de l'activité écologique, ont été considérées comme le meilleur moyen de mesurer la population des différentes plantes adventices au cours de cette expérience (Harper, 1960 ; Truelove, 1977). Nous avons analysé les informations recueillies sur les composantes du rendement pour établir les tendances de la croissance et du développement de la récolte, par rapport aux pertes encourues et au poids en matière sèche des mauvaises herbes qui l'accompagnent. Nous avons

recouru à l'analyse par corrélation pour établir le rapport entre les paramètres de développement de l'igname pendant les périodes où ils annonçaient un potentiel de réduction et le pourcentage de rendement en tubercules à la récolte, tel qu'il était affecté par la présence ou l'absence de plantes adventices.

Aux fins d'interprétation, les données recueillies sur le développement des organes ont été converties en chiffres par plant, tandis que le rendement en racines fraîches à la récolte et le poids sec des plantes adventices au premier sarclage ont été convertis en chiffres par hectare.

Résultats et discussions

Les principales adventices observées au lieu de l'expérience étaient des plantes parasites à feuilles obtuses et des herbes annuelles, ainsi que des laiches. Ces plantes à feuilles obtuses comprenaient *Acanthosperinum hispidium*, *Ageratum conyzoides*, *Amaranthus spinosus*, *Commelina benghalensis* et *Euphorbia heterophylla*. Les herbes comprenaient *Brachiaria deflexa*, *B. lata*, *Digitaria horizontalis* et les laiches, *Cyperus difformis*, *C. nemorallis* et *Mariscus alternifolium*.

Les racines, les tiges, la formation de la matière sèche dans les feuilles et le TDRT ont tous été affectés par le développement libre des plantes adventices. La croissance des racines a ralenti très tôt dans le cycle végétatif de l'igname (Fig. 1) et les tiges, la formation de la matière sèche des feuilles et le TDRT ont suivi la même tendance (Fig. 2 et 3). La réduction de la matière sèche élaborée dans les feuilles s'est manifestée plus tôt que la baisse du TDRT.

La croissance des plantes adventices laissées à elles-mêmes a sensiblement ralenti la formation de matière sèche dans les racines de l'igname, ralentissement surtout notable pendant la phase I de la période de développement (Fig. 1). L'envahissement des mauvaises herbes après 4 semaines suivant la levée a commencé à avoir des effets prononcés. Durant les 8 premières semaines après la plantation, on a pu observer une corrélation positive étroite entre la diminution de la matière sèche en formation dans les racines et la baisse de rendement de la récolte (Fig. 4).

À ce stade de végétation, la plante cultivée dépend en partie du semenceau mère (Onwueme, 1978) pour sa subsistance. La concurrence entre la récolte et les plantes adventices à l'égard des éléments nutritifs du sol est sans doute faible encore. La réduction observée dans le poids des racines pourrait avoir été causée par allélopathie.

Les phases II et III ont été critiques pour la croissance des sarments d'igname blanche. Le libre déve-

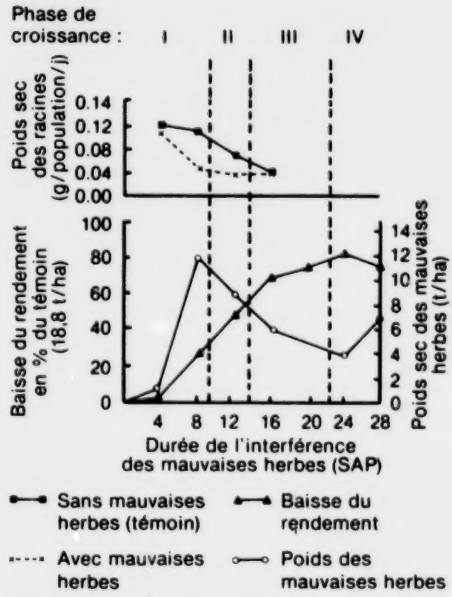


Fig. 1. *Influence des plantes adventices sur le développement des racines et le rendement de l'igname blanche.*

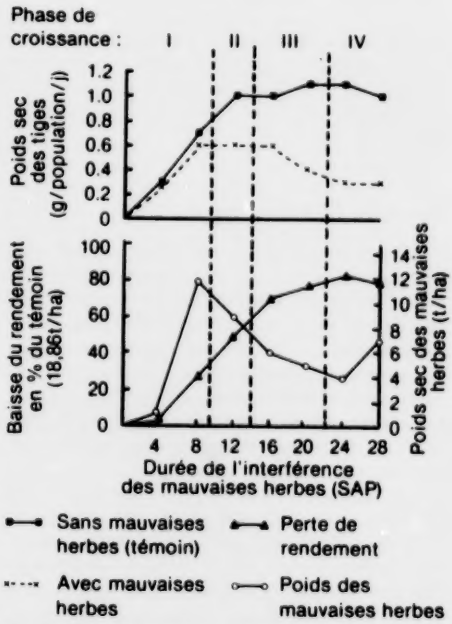


Fig. 2. *Influence des plantes adventices sur la croissance des tiges et sur le rendement de l'igname blanche.*

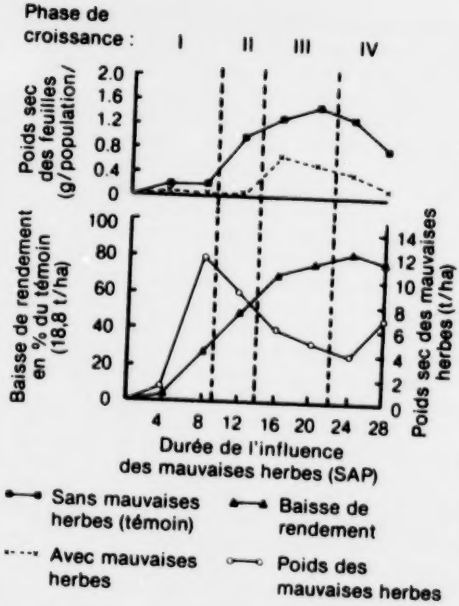


Fig. 3. *Influence des plantes adventices sur le développement des feuilles et le rendement de l'igname blanche.*

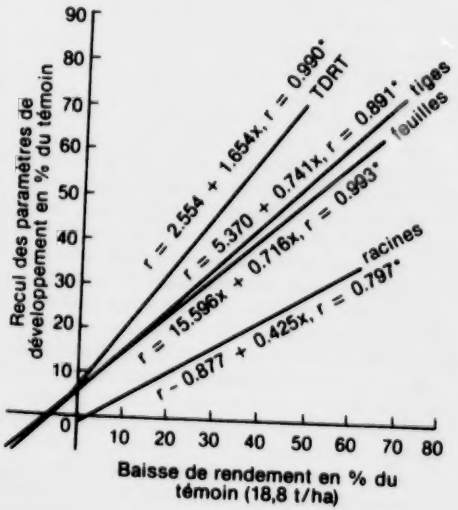


Fig. 4. *Recul des pertes en pourcentage des paramètres de croissance et de développement ; * = significatif au seuil de 5 %.*

loppement des plantes adventices a provoqué une diminution (allant jusqu'à 44 %) de la formation de matière sèche atteignant son plus haut point 12 semaines après la levée. À la 16e semaine, il existait une corrélation entre la baisse proportionnelle de la formation de matière sèche dans les tiges et celle du rendement (Fig. 5).

Les tendances de la formation de matière sèche dans les tiges et dans les feuilles ont été assez semblables. L'on pouvait s'y attendre, la dimension des tiges déterminant la quantité de feuillage que la plante peut supporter. Bien que les feuilles continuent de se développer même après que les tiges ont cessé de croître, le développement actif de ces organes conjugué à la photopériode et à d'autres facteurs écologiques contribue au grossissement des tubercules (Sobulo, 1972).

Pour l'igname blanche, la phase II a constitué la période critique où l'influence des plantes adventices a réduit l'élaboration de la matière sèche dans les feuilles (Fig. 3). D'après les observations, la diminution s'est élevée à 52 % lorsque les plantes adventices ont parasité la récolte pendant toute la saison. Durant les 16 premières semaines, on a noté une corrélation positive entre la baisse proportion-

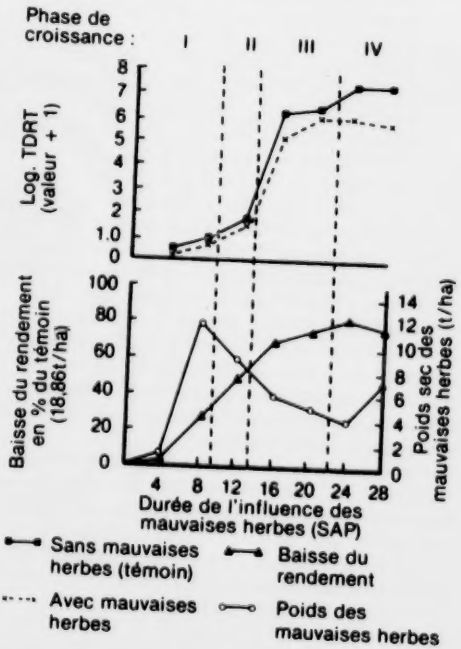


Fig. 5. *Influence des plantes adventices sur le développement relatif des tubercules et le rendement de l'igname blanche.*

nelle de la formation de matière sèche dans les feuilles et celle du rendement de la récolte (Fig. 4). L'influence des plantes adventices sur la formation de matière sèche dans les feuilles a été la plus marquée durant la période de la 8e à la 16e semaine. La réduction de poids des tubercules pour la même cause a également été très prononcée à cette époque.

Ces données permettent d'avancer que la diminution de la matière sèche élaborée dans les feuilles joue un rôle plus important dans le rendement final de la récolte que celle des sarments et des racines. Cela n'a rien de surprenant puisque c'est la voûte de feuillage qui détermine l'élaboration des produits de photosynthèse, qui sont ensuite transférés à d'autres organes et emmagasinés dans les tubercules.

Le chiffre le plus élevé, pour le poids sec des mauvaises herbes, a été relevé 8 semaines après la plantation et a été ensuite en diminuant (Fig. 3). En se développant, peut-être interceptent-elles une partie de la lumière destinée aux feuilles inférieures de l'igname, réduisant ainsi la formation de matière sèche dans les organes végétatifs ainsi que le rendement final. On a rapporté des pertes identiques de rendement par l'ombre causée aux feuilles inférieures du soja (Johnston et alii, 1969 ; Oliver et alii, 1976). Si le phénomène se vérifie pour l'igname, il se peut que l'on se trouve en face d'une des manières dont les plantes adventices peuvent affecter le rendement de la récolte, c'est-à-dire par leur ombre. On ne saurait exclure, par ailleurs, le rôle de l'allélopathie dans la réduction des rendements de l'igname.

L'influence des plantes adventices se poursuivant durant toute la saison avait provoqué une baisse de 35 % du TDRT de l'igname blanche dès la 16e semaine. Cette époque coïncide avec la phase III du cycle de végétation (Fig. 5). C'est entre la 12e et la 16e semaine après la plantation qu'on a observé la corrélation positive la plus étroite entre la réduction proportionnelle du TDRT et la baisse proportionnelle du rendement de l'igname (Fig. 4).

Dans notre étude, la formation initiale du tubercule était accomplie à 100 % dès la 12e semaine après la plantation. Le développement des racines a cessé aux environs de la 10e semaine et déclinait une fois cette formation terminée.

Bien que la phase III ait enregistré les plus fortes réductions des paramètres de croissance et de développement et du rendement final, les dommages attribuables aux plantes adventices ont commencé durant les phases I et II et se sont poursuivis aux stades subséquents du développement.

Durée de l'influence des plantes adventices

La baisse proportionnelle du rendement de l'igname blanche s'est accentuée régulièrement, de pair avec le poids sec des mauvaises herbes jusqu'à la 8e semaine d'intervention de ces dernières. Passé ce point, la baisse s'est poursuivie avec plus de lenteur (Fig. 1, 3, 5). La réduction proportionnelle du rendement due à l'action des plantes adventices jusqu'à 24 semaines a été plus élevée que celle causée par leur action pour la durée entière. Cette constatation rend peut-être compte de l'assèchement de la couche supérieure du sol exposée au soleil après l'enlèvement des mauvaises herbes vers la fin du cycle de végétation de la récolte, opération qui, selon Kang (Moody et Ezumah, 1974) supprimerait la couche végétale formée par ces plantes.

Les époques où les plantes adventices ont sérieusement affecté le rendement en tubercules ont coïncidé avec les intervalles pendant lesquels la réduction des paramètres de croissance et de développement révélait un potentiel décroissant du rendement.

Compte tenu de la baisse de rendement la plus prononcée dans chacune des phases, l'incidence des mauvaises herbes durant la phase III du cycle végétatif a été de 65 % plus marquée que durant la phase I, de 36 % de plus que pour la phase II et de 10 % de moins que pour la phase IV.

Dès la 8e semaine après la levée de la récolte, la production de biomasse des plantes adventices s'accentuait dans les parcelles d'igname enherbées, et les espèces représentées étaient nombreuses et variées. À cette époque le développement des racines de l'igname blanche avait fortement ralenti. La production de biomasse des plantes adventices reprenait aux phases I et II de la végétation, lorsque la réduction des paramètres de croissance et de développement indiquait un potentiel décroissant du rendement. Les résultats obtenus font croire que les dommages causés à la récolte par les mauvaises herbes au début de la saison, pendant la période de végétation, s'amplifient au cours de la phase de reproduction. Ces réductions des paramètres de croissance et de développement de la récolte ont été en corrélation étroite avec la réduction proportionnelle du rendement en racines fraîches à la récolte. Le fait de laisser l'igname non sarclée pendant un certain temps à compter de quatre semaines jusqu'à la pleine saison entraîne certaines pertes de croissance et de développement pour la récolte et, conséquemment, de son rendement. Cependant, l'action des plantes adventices se révèle la plus dommageable aux stades de végétation et de grossissement des tubercules.

Nous soulignons le fait que les résultats présentés ici valent pour les conditions et l'environnement dans lesquels l'expérience s'est déroulée. Ils pourraient être différents avec une flore de plantes adventices de composition différente.

Aspects économiques de la culture de l'igname au Cameroun

S.N. Lyonga

Programme national d'amélioration des plantes-racines au Cameroun, Institut de recherche agricole, Buea (Cameroun)

Les coûts de la culture de cultivars de première qualité de trois espèces d'ignames (genre *Dioscorea*), un hectare par espèce, ont été soigneusement calculés et relevés. Les coûts de production d'un fermier s'élèvent entre 1 500 et 3 000 dollars américains par hectare pour *Oshie* ; pour une tonne d'ignames blanches, *D. rotundata*, 42 000 francs CFA, 45 j/h et une heure de tracteur ; *Jakiri*, *D. dumetorum*, 19 000 francs CFA par tonne, 16,4 j/h et une heure de tracteur ; les frais de culture par tonne de *D. cayenensis* sont à peine moins élevés que ceux d'*Oshie*, soit 41 000 francs CFA, 28 j/h plus une heure de tracteur. Malgré des coûts de production élevés, l'opération a été rentable pour chaque cultivar. Les rendements d'*Oshie* ont sensiblement augmenté avec l'apport d'engrais composés, surtout N et K et la production a également été raisonnable en culture associée avec l'arachide. Mais l'association igname-maïs diminue de moitié le rendement de l'igname à cause de la concurrence pour la lumière.

Cultivation inputs per hectare of three species of yams (*Dioscorea* spp.) have been carefully recorded and costed. Production costs have been found to be U.S. $1 500–$3 000/ha to peasant growers for Oshie, white yam (*D. rotundata*), with a cost/tonne of 42 000 francs CFA and 45 mandays/t plus 1 tractor hour. Jakiri yam (*D. dumetorum*) with a cost/t of 19 000 francs and 16.4 mandays/t plus 1 tractor hour. Batibo yellow (*D. cayenensis*) was slightly better than Oshie with 41 000 francs/t and 28 mandays/t plus 1 tractor hour. Despite these high costs, returns were profitable for the three cultivars. Application of mixed fertilizers, especially N and K, resulted in profitable yield increases to Oshie, which also performed well with a groundnut intercrop. But maize intercrop (full stand) caused a yam yield depression of 50%, due to competition for light.

L'igname est une ressource alimentaire importante au Cameroun, sans cependant constituer la nourriture de base de l'ensemble de la population. Elle fait l'objet d'un commerce local assez actif entre les régions productrices (savanes et zone forestière) et les agglomérations urbaines. Les chiffres exacts concernant la production de l'igname font défaut, mais on peut raisonnablement l'évaluer à 700 000 tonnes environ, avec une augmentation annuelle de 5 %. L'arrêt des importations du Nigéria a contribué à en étendre la culture.

On cultive, au Cameroun, huit espèces d'igname du genre *Dioscorea* (Lyonga, 1976) mais les plus intéressantes, économiquement, sont les suivantes :

- *D. rotundata*, avec 11 cultivars dont deux (Oshie et Mbot) sont classés élite dans les terres hautes, et trois (Bonakanda, Mbam, Ogoja) élite dans les terres basses ;
- *D. cayenensis*, avec 17 cultivars, dont un (Batibo) est classé élite dans les terres hautes ; et
- *D. dumetorum*, avec 13 cultivars, dont deux (Jakiri, B45) sont classés élite, et convenant aux terres hautes et basses.

Il est bien connu que la culture de l'igname est coûteuse comparativement à celle d'autres plantes-racines ou tubéreuses tropicales. Coursey (1967b) cite le coût du travail par tonne d'igname récoltée dans différents pays ; Ghana 55 à 57 jours/homme, Nigéria 45, Trinidad 35, plus 20 heures d'animaux, comparativement à 2 jours/homme/t plus 3,2 heures de tracteur pour la pomme de terre cultivée au Royaume-Uni. Il en conclut que pour préserver cette culture, les scientifiques devront s'attacher à réduire les coûts de production en sélectionnant de meilleures lignées, en améliorant les pratiques culturales et en les mécanisant.

Moody et Ezumah (1974) ont rapporté des exigences de 190 à 250 jours/homme/ha pour la culture de l'igname dans la partie occidentale du Nigéria, tandis que Phillips (1964) mentionne des chiffres de 370 à 590 pour les mêmes régions. Gooding (1967), à propos de la Barbade, allègue que le seuil de rentabilité pour *D. alata* exige des rendements d'au moins 5 t/ha.

Edwards et Cropper (1967), pour les Indes occidentales, rapportent que, même si les exigences en

main-d'oeuvre de l'igname sont très supérieures à celles de la patate douce (377 à 617 et 132 à 167 jours/homme/ha, respectivement), la culture de l'igname reste plus rentable que celle de la patate douce, compte tenu de leurs faibles rendements en produits marchands, de 11,3 t/ha et 4,3 t/ha respectivement.

Rankine (1973) a constaté que les cultures d'igname et de patate douce étaient plus rentables dans les petites exploitations que dans les grandes, mais que la patate douce était plus avantageuse, contrairement à ce que rapportaient Edwards et Cropper (1967).

Vandevenne (1973) a parlé du succès de la mécanisation partielle de la culture de l'igname en Côte-d'Ivoire, où l'on a pu réduire la main-d'oeuvre de 70 %. Il recommande la poursuite de rendements plus élevés et l'obtention de tubercules de forme mieux adaptée à la récolte mécanique et moins exposés aux meurtrissures.

Notre étude a pour but de confirmer certaines de ces observations dans le milieu camerounais et de poser quelques jalons qui permettront de réduire les coûts de production de l'igname et de rendre celle-ci plus rentable en offrant aux cultivateurs des moyens à leur portée pour atteindre ces objectifs.

Matériel et méthodes

Les quatre essais constituant cette étude ont comporté :

- Le relevé et le calcul du coût des apports intervenant dans la culture de l'igname blanche (*D. rotundata*) sur 0,5 ha de Oshie, à la station de Bambui (1 400 m au-dessus du niveau de la mer), en 1972, avec répétition en 1973 et calcul de la moyenne pour 1 ha ;
- Étude du rendement économique du mélange d'engrais NPK appliqué en 1973 à trois cultivars d'élite : Batibo jaune (*D. cayenensis*), Oshie blanche (*D. rontundata*) et Jakiri (*D. dumetorum*), à Bambui ;
- Évaluation des avantages économiques de la culture mixte de l'igname Oshie avec le maïs ou les arachides (*Arachis hypogea*) ; et
- Culture et calcul des coûts pour 1 ha de chacune des ignames Oshie, Jakiri et Batibo, à Bambui en 1978 et 1979, en essayant de réduire certaines dépenses, notamment de tuteurage et de récolte.

Dans le premier de ces essais, nous avons cultivé en 1972 et 1973 0,5 ha du cultivar Oshie en monoculture dans les terres hautes de savane de Bambui ; nous avons relevé tous les apports et leur prix de revient. Les pratiques culturales ont été celles d'usage courant. Le poids moyen des semenceaux était de 375 g, et l'écartement de 1 × 1 m donnait une densité de 10 000 plants/ha. Comme tuteurs, nous avons utilisé des branches d'environ 3 m de haut, soutenant chacun 4 plants d'igname. La fumure chimique mixte comprenait 80 unités d'azote (384 kg/ha de sulfate d'ammoniac), 50 unités de P_2O_5 (278 kg/ha de superphosphate monocalcique), et 120 unités de K_2O (200 kg/ha de chlorure de potassium). N et K ont été appliqués en deux fois, soit 50 et 120 jours après la plantation, tandis que P l'était entièrement à la plantation. Un fongicide, le Manesan 80 a été utilisé à deux reprises, à la dose de 4,5 kg/ha, contre l'anthracnose.

La préparation du sol (défrichement et billonnage) s'est effectuée au tracteur, et les sarclages à la main, à l'aide de sarcloirs et de déplantoirs.

La surveillance a accaparé un cinquième du temps du chef et du gardien pendant les 9 mois de la saison de végétation de la récolte.

Les aspects économiques de la fertilisation ont fait l'objet d'études à Bambui en 1971 pour Batibo et en 1972 pour Oshie et Jakiri. On s'est servi pour cela d'un format factoriel de 3 × 3 × 3 reproduit en double, donnant ainsi 54 parcelles. La surface expérimentale de la parcelle était de 48 m^2 (4 × 12 m) et la surface totale de 65 m^2 (5 × 13 m).

L'engrais chimique, épandu à la volée sur le haut et les côtés des billons, a été enterré à la fourche. On a suivi les pratiques culturales habituelles. Le détail des traitements et leurs coûts sont reproduits dans les Tableaux 1 et 2.

La culture associée de l'igname Oshie avec le maïs ou les arachides s'est effectuée en parcelles divisées, d'après sept traitements principaux (association et densité) et trois doses d'engrais composé NPK, en quatre répétitions. Elle a eu lieu à Bambui en 1973 et 1974. La parcelle principale mesurait 210 m^2 et les sous-parcelles 30 m^2. Les doses d'engrais composé étaient de 160 unités de N_2, 200 unités de P_2O_5 et 240 unités de K_2O par hectare (dose forte) et de la moitié pour la dose faible. L'application de N et de K s'est faite en deux moitiés, l'une à la plantation et l'autre 60 jours après. P a été entièrement appliqué à la plantation.

Les deux densités de plantation du maïs ont été respectivement de 50 000 (complète) et de 25 000 (demi) plants à l'hectare. Celles de l'arachide, de 200 000 (complète) et 100 000 (demi) pieds à l'hectare. Ces récoltes ont été mises en terre au début de la saison des pluies (15 mars), 3 semaines après l'igname.

En 1978 et 1979, on a repris le calcul des prix de revient d'un ha de chacune des variétés Oshie, Jakiri et Batibo, en essayant de réduire le coût du tuteurage et de la récolte à la main des tubercules. On a également abandonné le fongicide en raison du peu de fréquence des cas d'anthracnose. Au lieu des

Tableau 1. Fumure chimique de Batido (*D. cayenensis*), 1971.

	Urée (45 % N_2)			Phosphate bicalcique (38–40 % P_2O_5)			Chlorure de potassium (60 % K_2O)		
	N_0	N_1	N_2	P_0	P_1	P_2	K_0	K_1	K_2
Apport d'engrais:									
(unités/ha)	0	100	200	0	100	200	0	120	240
(kg/ha)	0	220	440	0	250	500	0	200	400
(g/parcelle)	0	1056	2112	0	1200	2400	0	960	1920
Coût:									
(francs: AFC/ha)	0	5280	10560	0	7500	15000	0	5000	10000

tuteurs en bois, plus coûteux, nous avons utilisé les tiges de l'herbe à éléphants (*Pennisetum purpureum*) à raison de deux par plant d'igname, liées ensemble à leur partie supérieure en forme de cône par groupes de huit (quatre plants adjacents sur deux billons) pour assurer un meilleur support.

Avec l'igname Oshie, en 1978, nous avons utilisé du fumier de ferme évalué à 2 AFC/kg, à raison de 15 t/ha, au lieu d'engrais chimiques. Le coût de la récolte a été calculé séparément pour chaque cultivar d'igname en raison du coût variable de cette opération d'après la forme et la longueur des tubercules.

Résultats

Le Tableau 3 indique les différents travaux et leur coût comparatif pour la culture d'un hectare de différentes espèces d'ignames à la station de Bambui, en 1972–1973 et en 1978–1979.

La part de la main-d'oeuvre pour Oshie a augmenté de 68,7 % par rapport aux 390 jours/homme de 1972–1973 et le coût de production a également fait un bond de 170 % dans le calcul récent des coûts. Les causes résident principalement dans le prix de la main-d'oeuvre (passant de 200 francs in 1973 à 350 francs/jour/homme en 1979) et l'augmentation de coût des semenceaux (de 36,6 % à 43 % du coût total pour Jakiri, et à 48 % pour Oshie et Batibo). En outre les tubercules d'Oshie enterrés profondément ont rendu l'arrachage fatigant et onéreux (400 j/h comparativement à 120 pour Batibo et 63 pour Jakiri).

Même si le prix de revient réel de la récolte a augmenté, la coût proportionnel des divers apports ne s'est pas beaucoup modifié. Dans le cas du tuteurage avec l'herbe à éléphant, le nombre des jours/homme a même diminué.

Jakiri a eu l'avantage de coûter moins cher en semenceaux (la moitié des autres) et la récolte a été plus avantageuse grâce à la forme bulbeuse des tubercules qui, très souvent s'arrachaient en tirant simplement les tiges.

Au prix courant de 40 francs AFC/kg pour les tubercules de Jakiri, le seuil de rentabilité exigerait un rendement de 8,7 t/h de tubercules marchands. À 60 francs/kg pour Batibo et Oshie, ce rendement devrait être, respectivement, de 8,6 t/ha et 10,3 t/ha. Si le prix s'élève à 100 francs/kg, il descend même jusqu'à 5,2 et 6,2 t/ha pour Batibo et Oshie, respectivement.

En 1972–1973, Oshie a donné un rendement réel de 17,5 t/ha et la marge de profit a atteint 60,4 %, en faisant la part de 5 % de perte. C'est là l'équivalent de 22 jours/homme plus 1 heure de tracteur.

Tableau 2. Fumure chimique de Oshie (*D. rotundata*) et de Jakiri (*D. dumetorum*), 1972.

	Urée 45 % N_2)			Superphosphate monocalcique (18 % P_2O_5)			Chlorure de potassium (60 % K_2O)		
	N_0	N_1	N_2	P_0	P_1	P_2	K_0	K_1	K_2
Apport d'engrais:									
(unités/ha)	0	80	160	0	40	80	0	120	240
(kg/ha)	0	176	352	0	220	440	0	200	400
(g/parcelle)	0	840	1680	0	1050	2100	0	960	1920
Coût:									
(francs: AFC/ha)	0	4224	8448	0	5300	10600	0	5000	10000

Tableau 3. Prix de revient d'un hectare de trois espèces d'ignames en monoculture.

Travaux	1972–1973 Oshie		1978–1979 Oshie, Batibo, Jakiri		
	Jours/ homme (200 F/JH)	Coût en 1000 F AFC (% du coût total)	Jours/ homme (350 F/JH)	Coût en 1000 F AFC (% du coût total)	Remarques
Préparation du sol (tracteur jusqu'au billonnage)	3,3 (20 h)	24,0 (10.5)	2,3 (14 h)	59,0 (17.1)	
Semenceaux (prix coûtant)	–	83,3 (36.6)	–	150,0 (43) 300,0 (48)	Jakiri, Oshie, ou Batibo
Préparation des semenceaux	4		20	7,0 (2.0)	500/jour
Marquage et plantation	10	2,0 (0.9)	10	3,5 (1.0)	
Engrais chimiques			–	20,0	
coût	–	26,0 11.4)	10	3,5 (6.7)	(20:10:10)
mélange et épandage	9				
Fumier de ferme					
coût	–	–	–	30,0	Utilisé en
épandage	–	–	30	10,5	1978
Tuteurage			40	14,0	250/JH
coût (coupe)				(5.8)	+
pose	56	15,9 (7.0)	3	1,1	coût de la
placement des sarments			10	5,0	ficelle
Sarclage (trois fois)	120	24,0 (10.5)	75	26.3 (7.5)	
Billonnage	10	2,0 (0.9)	20	7,0 (2.0)	
Antiparasitaires (coût et application)	6	8,0 (3.5)	–	–	
Récolte (à la main), pesée, emballage	125	25,6 (11.2)	400	140,0 (22.7)	Oshie
			120	42,0 (8.1)	Batibo
			63	22,1 (6.3)	Jakiri
Surveillance	50	17,0 (7.5)	50	30,0 (8.6)	1/5 du temps

En 1978–1979, le rendement d'Oshie a été de 14,7 t/ha de tubercules marchands pour une marge de profit de 42,7 %, comparativement à 46,5 % pour Batibo avec 12,6 t/ha, et à 110 % pour Jakiri avec 18,3 t/ha. Le nombre de jours/homme par tonne de tubercules s'est élevé à 44,8 plus 1 h de tracteur pour Oshie, à 28,4 plus 1 h de tracteur pour Batibo, et à 16,4 plus 1 h pour Jakiri.

Dans les essais de fertilisation, l'azote et la potasse ont généralement produit une réaction favorable. Le calcul du coût de chaque apport d'engrais et du revenu supplémentaire qui en est résulté a donné une meilleure idée des avantages économiques que l'analyse habituelle des variances, pour établir la valeur significative.

Plusieurs traitements non significatifs par rapport

Tableau 4. Résumé des dépenses de culture d'un hectare de trois espèces d'ignames.

	Oshie		Batibo	Jakiri
	1972–73	1978–79	1978–79	1978–79
Jours/homme/ha	390	658	358	301
Cout de production/ha ('000 francs AFC)	227,8	615,4	518,4	348,5
Seuil de rentabilité (rendement/ha)	10,9	10,3	8,6	8,7
Rendement marchand (t/ha)	16,6	14,7	12,6	18,3
Jours/homme/t + heures de tracteur	22,4 + 1,3	44,8 + 1	28,4 + 1	16,4 + 1
Coût/t ('000 F AFC)	13,7	41,9	41,1	19,0
Marge de profit (%)	60,4	42,7	46,5	110,0

au témoin se sont révélés économiquement avantageux : rapport du coût dépassant 2 (point considéré comme rentable) (Tableau 5).

On notera que la dose inférieure de N, non significative par rapport au témoin, a donné un meilleur revenu économique que la dose supérieure.

La production de l'igname a baissé lorsqu'on l'a cultivée en association avec le maïs (50 % de réduction avec le maïs à sa pleine densité de population). Ce résultat n'était pas inattendu à cause du manque de développement des feuilles poussant à l'ombre de la plante associée. L'igname s'est bien comportée en association avec l'arachide (Tableau 6), le rendement total ayant même été profitable dans deux des traitements. Un seul traitement comportant le maïs (igname à pleine densité, maïs à la moitié) a été bénéficiaire. Une densité réduite de la plantation d'igname n'a pas donné de résultat économique favorable. L'effet des engrais a été significatif.

Discussion et conclusions

La tentative qui a eu lieu en 1978 et 1979 de diminuer le prix de revient d'un hectare de chacune de trois espèces d'igname, au Cameroun, a été infructueuse. Dans le cas de Oshie aux tubercules longs et profonds, les coûts en main-d'oeuvre et ceux de production ont augmenté respectivement de 68,7 % et 170 % par rapport à 1972–1973.

Malgré ces augmentations, la production d'ignames des trois cultivars est demeurée économique avec des marges bénéficiaires pour 1978–1979, de 110 % pour Jakiri, de 46,5 % pour Batibo, et de 42,7 % pour Oshie. Les rendements marchands correspondant au seuil de rentabilité ont été de 8,7 t/ha pour Jakiri, 8,6 t/ha pour Batibo, et 10,3 t/ha pour Oshie. L'apport de main-d'oeuvre de 45 jours/homme par tonne de tubercules, pour Oshie, n'est pas rentable.

Les principaux écueils à la culture de l'igname semblent être, cependant, la somme considérable de main-d'oeuvre qu'elle exige ainsi que d'autres dépenses prohibitives en particulier sous forme de plants, comparativement à d'autres récoltes de plantes-racines dont le coût ne s'élève qu'à la moitié de celui de l'igname. Peu de paysans peuvent disposer des 300 000 à 600 000 francs AFC (1 500 à 3 000 $US) qu'exige la culture d'un hectare.

Les principales restrictions sont le coût élevé des semenceaux (environ 4 t/ha), le faible rapport de multiplication (3 à 4) et les lourdes dépenses imposées par le tuteurage et la récolte.

Tableau 5. Revenu économique de combinaisons d'engrais sur trois espèces d'ignames.[a]

Combinaisons	Coût des engrais (+ frais) (en 1 000 F AFC)	Valeur du supplément de récolte (revenu) (en 1 000 F AFC)	Rapport entre supplément de revenu et coût
		Batibo *(D. cayenensis)*	
N_1	6,2	34,5	5,6
N_2*	11,7	52,5	4,5
N_2K_2	22,1	64,5	2,9
$N_1P_1K_1$	19,1	108,0	5,7
		Jakiri *(D. dumetorum)*	
N_1	6,2	47,0	7,6
N_2*	11,7	58,0	5,0
K_1	5,8	28,0	4,8
$N_1P_1K_1$	19,1	42,0	2,2
$N_1P_2K_2$**	32,1	77,0	2,4
		Oshie *(D. rotundata)*	
N_1*	5,6	28,5	5,1
N_2**	10,0	52,5	5,3
K_1*	6,4	33,0	5,1
K_2*	11,6	55,5	4,8
N_1P_1*	11,3	42,0	3,6
N_2P_2*	21,7	72,0	3,3
N_1K_1	10,8	25,5	2,4
N_1K_2*	16,0	78,0	4,9
P_1K_1	12,6	42,0	3,3
P_2K_1	18,1	48,0	2,7
$N_1P_1K_1$	17,0	51,0	3,0
$N_2P_2K_2$	32,1	84,0	2,6

a) * = significatif pour le rendement au seuil de probabilité de 5 % ; ** = significatif pour le rendement au seuil de 1 %.

Tableau 6. Effets de la culture associée et de la fertilisation sur l'igname Oshie (*D. rotundata*).[a]

Traitement	Rendement (t/ha)			Rendement moyen (t/ha)
	F_0	F_1	F_2	
Igname (pleine densité, 10 000 plants/ha)	5,0	5,8	5,0	9,4 bc
+ maïs (pleine densité, 50 000 plants/ha)	3,6	4,5	4,3	
Igname (10 000 plants/ha)	6,5	7,5	8,2	11,1 ab
+ maïs (demi-densité, 25 000 plants/ha)	3,2	4,3	3,6	
Igname (demi-densité, 5 000 plants/ha)	4,0	4,0	4,4	7,9 cd
+ maïs (demi-densité, 25 000 plants/ha)	3,5	4,2	3,5	
Igname (10 000 plants/ha)	7,7	10,9	11,0	11,1 ab
+ arachides (pleine densité, 200 000)	1,2	1,2	1,2	
Igname (10 000 plants/ha)	9,1	9,6	9,5	10,4 ab
+ arachides (demi-densité, 100 000)	1,0	1,0	0,5	
Igname (5 000 plants/ha)	4,2	4,8	5,7	5,9 d
+ arachides (100 000)	1,0	1,0	0,9	
Igname en monoculture (10 000 plants/ha)	10,8	13,7	12,1	12,2 a
Moyenne des divers traitements	8,7	10,4	10,1	9,7

a) Les effets de la culture en association et des apports d'engrais séparément ont été significatifs ; cependant leurs effets combinés ne l'ont pas été. Le coefficient de variation a été de 16,94 %. Les rendements moyens suivis du même nombre ne sont pas significativement différents selon le test de Duncan à portée multiple.

Les études de Sadik et Okereke (1975a) pour stimuler la production de l'igname blanche par semis, et celles d'Okigbo et Ibe (1973) en vue d'exploiter des moyens plus rapides de reproduction par voie végétative sont méritoires et devront se poursuivre afin d'accélérer la livraison de matériel de plantation.

Les sélectionneurs doivent s'attacher à produire une igname ayant un potentiel de propagation beaucoup plus considérable, utilisant la lumière du jour plus efficacement et sans tuteur, résistante aux principales maladies fongiques et virales, adaptable à la mécanisation des travaux, c'est-à-dire avec des tubercules arrondis et peu profonds. À ces propriétés, doivent évidemment s'ajouter un rendement élevé et une valeur nutritive reconnue.

D. dumetorum est plus économique à produire que d'autres espèces et occupe une place importante au Cameroun. Elle a pour inconvénient de donner des tubercules qui durcissent une fois exposés au milieu ambiant après la récolte, à cause de la lignification des cellules corticales. Des recherches s'imposent en priorité pour résoudre ce problème. Malheureusement, Muyuka, un autre cultivar qui durcit très lentement, ne donne qu'un faible rendement.

Il est rentable de fertiliser l'igname, en particulier avec de l'azote et de la potasse. Le calcul économique de la rentabilité des engrais chimiques donne une meilleure idée que l'établissement pur et simple d'une signification statistique entre les traitements.

La culture associée de l'igname Oshie en pleine densité de population avec des arachides ou du maïs à demi-densité s'est révélée économique, particulièrement avec fertilisation chimique. Il n'est pas recommandé d'associer l'igname à un peuplement complet de maïs, ce dernier risquant de réduire de moitié le rendement de l'igname.

Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive de l'igname au Cameroun

Alice Bell et Jean-Claude Favier

Unité de nutrition de la Délégation générale de la recherche scientifique et technique, Yaoundé (Cameroun)

Les espèces d'ignames, *Dioscorea dumetorum*, *rotundata*, *cayenensis* et *schimperiana* sont analysées avant et après cuisson. Les teneurs en eau, protéines totales, lipides totaux, glucides totaux, fibre brute, cendres, calcium, phosphore, fer, thiamine, riboflavine, niacine, ainsi que la valeur énergétique sont déterminées. Les modes de préparation étudiés sont ceux traditionnellement pratiqués au Cameroun : cuisson à l'eau avant ou après épluchage, *fufu*, cuisson sur braises, farine, friture « biscuit ». Les préparations d'igname par cuisson à l'eau avant épluchage et par friture apparaissent comme les plus avantageuses sur le plan nutritionnel. La cuisson sur braises et la préparation du « biscuit » d'igname ont des rendements nutritionnels faibles.

We studied changes of energetic value and chemical composition (moisture, raw fibre, proteins, fat, total carbohydrates, ashes, calcium, phosphorus, iron, thiamine, riboflavin, niacin) of the tubers of *Dioscorea dumetorum*, *D. rotundata*, *D. cayenensis*, and *D. schimperiana* during traditional processing (peeling, boiling, charcoal grilling, frying, and preparation of *fufu*, flour, or "biscuit") and found that cooking in boiling water with the peel and frying are the processes that best preserve the chief nutrients. Grilling and preparation of "biscuit" result in the largest losses.

La composition chimique et la valeur nutritive des ignames commencent à être connues, tout au moins pour les principales espèces. Cependant, peu d'études ont été faites sur les différentes formes de consommation qui influent sur la qualité nutritionnelle. Coursey et Aidoo (1966) au Ghana, Oke (1966) Nigéria et Leberre et alii (1969) au Cameroun déterminent la rétention en vitamines C de l'igname après cuisson. Umoh et Bassir (1977) donnent la composition en vitamines A, C, B_1, B_2, PP et B_6 de l'igname crue et du « fufu » prêt à servir, accompagné d'une sauce aux feuilles vertes, selon une recette nigériane. D'après la teneur en protéines et en acides aminés des ignames cuites, *D. alata*, *D. trifida*, *D. rotundata* et *D. cayenensis*, Francis et alii (1975) indiquent que la simple cuisson à l'eau affecte surtout les acides aminés libres, ce qui représente une faible proportion des acides aminés totaux. Splittstoesser (1976), étudiant les espèces *D. alata*, *D. esculenta*, *D. rotundata* et *D. trifida*, établit une relation entre l'azote total et les acides aminés totaux retrouvés dans l'igname cuite. Enfin Ciacco et d'Appolonia (1978) donnent la composition chimique de la farine d'igname *D. alata* et la comparent à celle de manioc.

La plupart des études sur la valeur nutritive de l'igname après cuisson se limitent à quelques nutriments, pour 1 ou 2 espèces africaines ; en outre la cuisson à l'eau est la plus souvent étudiée. L'objet de ce travail est de présenter un ensemble des principaux caractères nutritionnels de 3 espèces d'ignames, parmi les plus consommées au Cameroun, à savoir *D. dumetorum*, *D. rotundata* et *D. cayenensis*. Une quatrième espèce pour laquelle les données de la littérature sont rares, est étudiée : *D. schimperiana*. Cette étude porte particulièrement sur les différentes formes de consommation des ignames. Enfin, l'un de ses principaux buts est de contribuer à une meilleure connaissance de l'influence de différents traitements sur la composition chimique de l'igname.

Matériel et méthodes

Choix des espèces

Les espèces choisies sont *D. rotundata*, *D. cayenensis*, largement répandues en Afrique occidentale ; ces ignames constituent avec la 3e espèce étudiée, *D. dumetorum*, les principales consommées au Cameroun. Une autre espèce a été étudiée, *D. schimperiana*, consommée surtout dans la région de l'ouest du Cameroun.

Étant donné la difficulté de réaliser, dans le cadre de cette expérimentation, des plantations fournissant une quantité suffisante des différentes espèces d'i-

gnames étudiées, les échantillons utilisés ont été achetés sur les marchés de Yaoundé entre juillet 1978 et mars 1980. Il s'agit de tubercules de *D. rotundata*, *D. cayenensis* et *D. dumetorum* dont il est impossible de déterminer avec plus de précision, la variété, l'origine géographique, les conditions de culture et de fertilisation, la date de récolte et les conditions de stockage utilisées jusqu'à la vente. Afin de rendre l'échantillon plus homogène, chaque mode de préparation a été effectué, en 3 fois au moins, sur un lot d'ignames achetées le même jour et chez le même marchand. Les tubercules de *D. schimperiana* nous ont été fournis par la station agronomique d'Ekona. Ils ont été récoltés au cours des mois d'octobre 1978 et 1979. Deux variétés de cette espèce ont été étudiées, soit *D. schimperiana* Ex. Dschang et *D. schimperiana* Ex. Bui.

Après leur récolte ou leur achat au marché, les tubercules ont été transportés au laboratoire où ils ont été conservés 2 semaines au maximum à la température ambiante.

Échantillonnage

Au moment du dosage, 3 groupes de tubercules identiques ont été constitués à partir d'un même lot en sectionnant chaque tubercule dans le sens de la longueur. Le premier groupe a servi aux analyses sur les produits bruts tels qu'achetés ; le 2e groupe, aux expériences sur les produits crus, et le 3e, aux transformations technologiques. Chaque mode de traitement a été répété 3 fois au moins. L'espèce *D. schimperiana* n'a pu faire l'objet d'analyses sur le produit brut.

Transformations technologiques

Les traitements appliqués sont les préparations traditionnelles utilisées dans les différentes régions du Cameroun. Elles peuvent différer d'une espèce à l'autre. Idowu (1976), Grimaldi et alii (1977) en ont fait l'inventaire (Figure 1, Tableau 1).

Composition chimique

La détermination de la composition chimique a été effectuée comme suit :

- Teneur en eau, thiamine, riboflavine et niacine immédiatement après la préparation des produits crus ou cuisinés, broyés et homogénéisés ; 5 prises d'essai sont effectuées pour chaque type d'analyse.
- Teneur en eau, azote total, lipides, insoluble formique, cendres, calcium, phosphore et fer sur les mêmes produits après séchage à l'étuve sous vide (45 °C), broyage et stockage des poudres au congélateur jusqu'à la veille du dosage. Les prises d'essai sont effectuées en double sur les produits secs.

La teneur en eau a été déterminée par dessication à l'étuve à 102–105 °C jusqu'à poids constant ; le dosage de l'azote total, selon la méthode de Kjeldahl (Prolabo notice E-1732 02 ; coefficient de conversion de l'azote total en protides = 6,25) ; les lipides totaux, par extraction à l'éther de pétrole, au Soxlet pendant 10 heures, sans hydrolyse préalable ; les glucides totaux par différence entre l'extrait sec et la somme protides + lipides + cendres ; la valeur énergétiques a été calculée à l'aide des coefficients de Merrill et Watt (1955), adoptés par la FAO (1970), à savoir : 2,78 pour les protides ; 8,37 pour les lipides ; et 4,03 pour les glucides. La détermination de la fibre a été réalisée par dosage de l'insoluble formique, selon la technique de Guillemet et Jacquot (1943) ; les cendres totales, par incinération au four à moufle à 550 °C, pendant 1 nuit ; le calcium, par photométrie de flamme sur la solution nitro-chlorhydrique des cendres ; le phosphore, par dosage colorimétrique (30), à partir de la solution

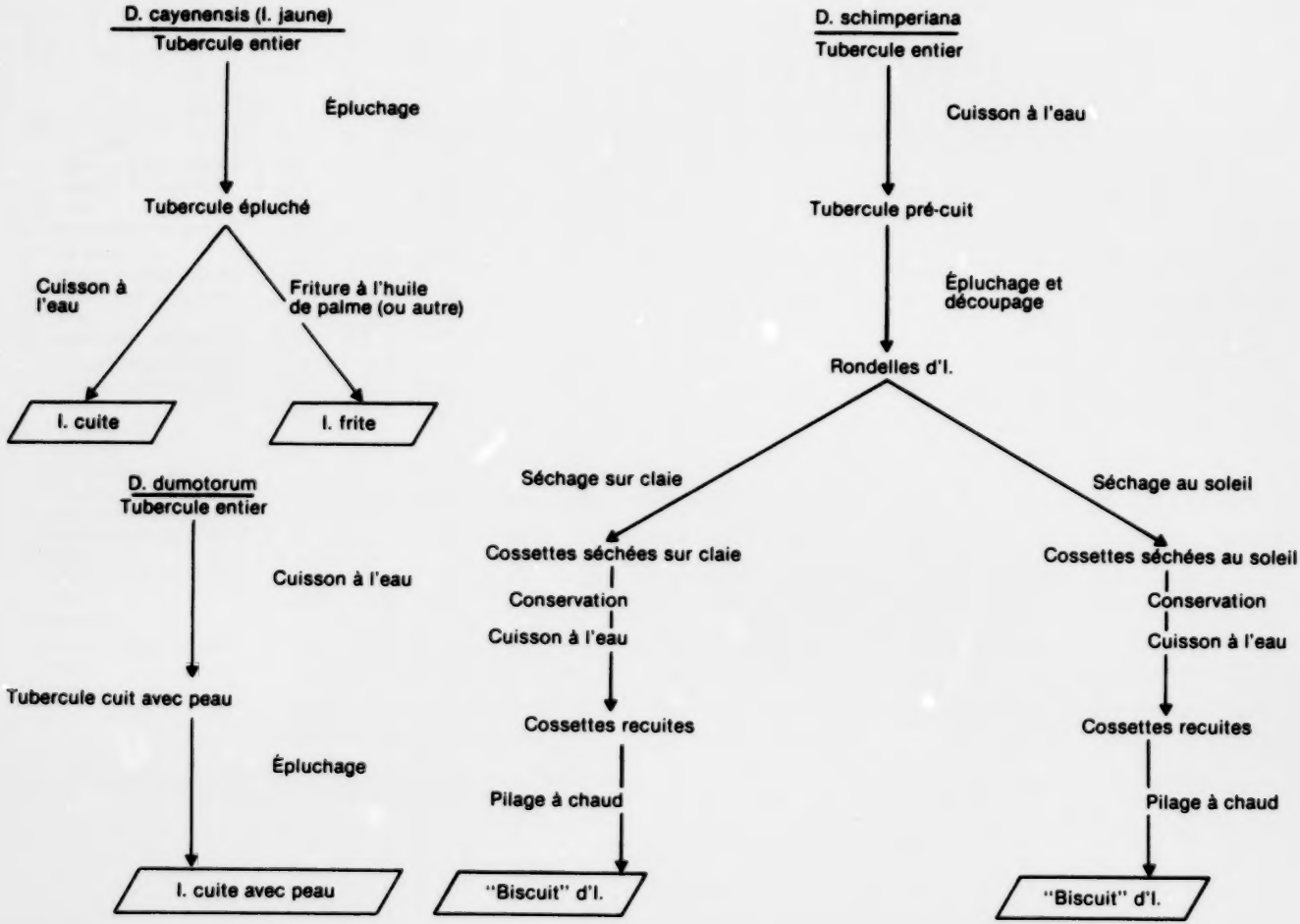
Tableau 1. Traitements culinaires appliqués.

	Température (°C)	Temps moyen pour 1000 g de tubercule
Cuisson à l'eau avec peau	97	105
Cuisson à l'eau sans peau	97	30 mn
Cuisson sur les braises	270 (début) 200 (fin)	40 mn
Friture à l'huile de palme	120 (début) 175 (fin)	26 mn
Préparation de la farine		
Lavage à l'eau chaude	97	1 mn 30 sec.
Séchage au soleil	25–30	7 jours
Préparation du « biscuit »		
1re cuisson (avec peau)	97	29 mn
Séchage au soleil	25–30	7 jours
Séchage sur claie (chauffages intermittents)	40	8 jours
2e cuisson (cossettes séchées)	97	63 mn (p. 100 g)

Tableau 2. Composition chimique des ignames (*Dioscorea* spp.) et dérivés (p. 100 g de partie comestible).

	N Échan-tillons	Humidité %	Calories	Protéines g	Lipides g	Glucides g	Fibre g	Cendres g	Ca mg	P mg	Fe mg	Thiamine µg	Ribo-flavine µg	Niacine mg	Acide ascorbique mg[a]
D. dumetrum															
I. crue	3	73,5	101	2,5	0,11	23,2	1,28	0,78	32	49	0,78	127	64	0,48	
I. cuite à l'eau avec peau	4	74,8	97	2,2	0,10	22,2	1,37	0,73	43	46	1,0	108	55	0,36	
D. rotundata															
I. crue	14	70,3	115	1,3	0,05	27,5	0,64	0,81	26	41	0,66	85	30	0,42	9,4
I. cuite à l'eau sans peau	6	74,2	100	1,1	0,03	24,0	0,81	0,61	16	30	0,85	69	20	0,32	5,7–6,2
« Fufu »	4	76,3	92	1,1	0,02	22,0	0,58	0,59	12	27	0,87	75	23	0,25	
I. cuite sur braises	3	65,4	133	0,8	0,04	33,0	0,61	0,80	54	43	0,90	73	20	0,29	7,8–8,2
Farine tamisée (mouture mortier)	3	10,6	347	4,5	0,33	82,3	1,4	2,3	99	102	4,8	116	36	1,3	
Farine tamisée (mouture broyeur)	6	11,8	342	3,6	0,16	82,1	1,5	2,3	100	117	5,5	237	71	0,98	
D. cayenensis															
I. crue	8	71,0	112	1,2	0,07	26,8	0,70	0,90	28	44	0,38	86	17	0,36	
I. cuite à l'eau sans peau	3	73,0	105	1,0	0,11	25,1	0,57	0,80	19	38	0,35	55	16	0,27	
I. frite à l'huile de palme	4	36,2	295	1,8	10,7	49,9	1,6	1,4	73	51	3,0	164	24	0,53	
D. schimperiana ex. Dschang															
I. crue	2	78,2	83	1,8	0,04	19,2	0,85	0,76	10	26	0,46	56	29	0,26	
I. cuite à l'eau avec peau	2	80,4	74	1,4	0,04	17,4	0,71	0,76	15	37	1,3	41	27	0,22	
« Biscuit » (après séchage au soleil)	1	71,6	111	1,8	0,29	25,6	1,44	0,75	29	43	7,7	22	7,3	0,14	
D. schimperiana ex. Bui															
I. crue	1	84,5	56	1,5	0,05	12,8	1,2	1,1	32	37	1,0	34	11	0,26	
I. cuite à l'eau avec peau	1	84,3	58	1,4	0,04	13,4	1,3	0,83	33	34	1,5	27	9,6	0,17	
« Biscuit » (après séchage sur claie)	1	79,6	78	1,9	0,11	17,9	1,9	0,54	53	32	5,5	7,8	4,9	0,10	

a) D'après Coursey et Aidoo (1966).


D. cayenensis (I. jaune)
Tubercule entier
Épluchage
Tubercule épluché
Cuisson à l'eau
Friture à l'huile de palme (ou autre)
I. cuite
I. frite
D. dumotorum
Tubercule entier
Cuisson à l'eau
Tubercule cuit avec peau
Épluchage
I. cuite avec peau
D. schimperiana
Tubercule entier
Cuisson à l'eau
Tubercule pré-cuit
Épluchage et découpage
Rondelles d'I.
Séchage sur claie
Séchage au soleil
Cossettes séchées sur claie
Conservation
Cuisson à l'eau
Cossettes recuites
Pilage à chaud
"Biscuit" d'I.
Cossettes séchées au soleil
Conservation
Cuisson à l'eau
Cossettes recuites
Pilage à chaud
"Biscuit" d'I.

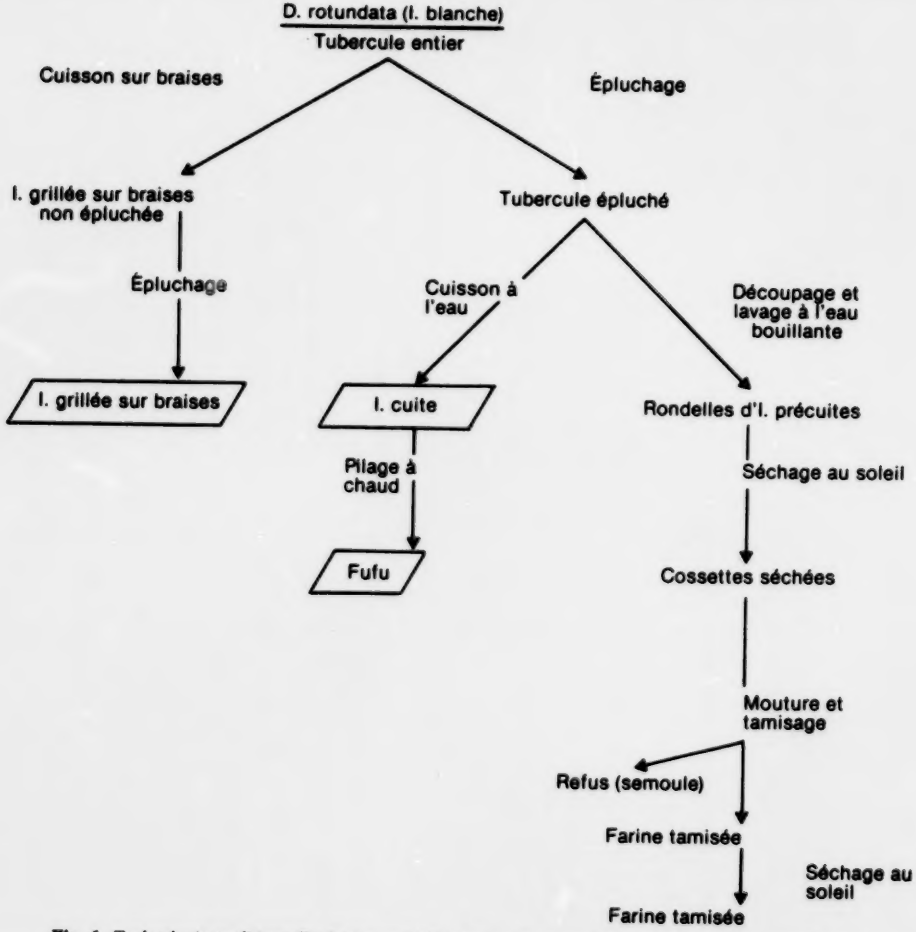


Fig. 1. *Technologie traditionnelle des ignames (les formes directement consommables sont encadrées).*

nitro-chlorhydrique des cendres. L'évaluation du fer à été obtenue par colorimétrie à partir de la solution nitro-chlorhydrique des cendres, et les vitamines du groupe B par le dosage microbiologique selon les techniques de :

- Diebet, Evans et Niven pour la thiamine, utilisant *L. viridescens* (ATCC 12706) ;
- Snell et Strong pour la riboflavine, utilisant *L. casei* (ATCC 7469) ;
- Snell et Wright pour la niacine, utilisant *L. plantarum* (ATCC 8014).

Méthodes statistiques

Les comparaisons des résultats obtenus sur l'igname avant et après cuisson ont été effectuées à l'aide du test « t » de Student sur 2 moyennes et du test « t » sur des paires de variables (Snedecor et Cochran, 1957).

Résultats

Le tableau 2 présente les teneurs moyennes en principes nutritifs de la partie comestible des échantillons analysés avant et après cuisson. Le tableau 3 indique les variations observées dans la composition chimique au cours des divers modes de préparation de l'igname.

Selon la diminution du taux de nutriments par rapport à la matière sèche, ou à la matière sèche délipidée dans le cas de l'igname frite, la préparation du « biscuit » d'igname apparaît comme la plus

Tableau 3. Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la composition chimique des ignames (*Dioscorea* spp.).[a]

	Matière sèche	Protéines	Glucides	Fibre	Cendres	Ca	P	Fe	Thiamine	Riboflavine	Niacine
I. crue											
(partie comestible)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cuisson à l'eau avec peau											
D. dumetorum											
(var. à chair jaune)	−4	−7	0	+4	+1	+49*	+3	+22	−17**	−4	−23**
D. schimperiana											
Ex. Dschang	−1	+1	0	−10	−2	+32**	−4	+156**	−23**	+4	−26**
D. schimperiana											
Ex. Bui	+1	−6	+3	0	−27**	+2	−10**	+39**	−21**	−11	−36**
Cuisson à l'eau sans peau											
D. rotundata	−4	+1	0	−1	−14**	−36*	−16**	+28	−23**	−13*	−26**
D. cayenensis	0	−1	0	+1	−8	−7	−13	+4	−22**	−14*	−21**
Préparation du « fufu »											
D. rotundata	−9**	0	0	−6	−13**	−20	−19**	+51	−25**	−14*	−27**
Cuisson sur braises											
D. rotundata	+12**	+4	0	−21	+2	+7	+15	+23	−13*	−8	−4
Préparation de la farine											
D. rotundata											
Lavage à l'eau											
bouillante	−4	+3	0	+4	−5	−5	−4	+21	−11	−2	−7
Farine tamisée											
(mouture mortier)	+168**	0	0	−8	+3	−5	0	+308*	−24**	−37**	−10
Fraine tamisée											
(mouture broyeur)	+167**	+2	0	−31	−4	−3	−11	+255*	−21*	−36*	−9
Friture à l'huile de Palme[b]											
D. cayenensis	+94*	−4	0	−1	+8	0	−2	+71**	−2	+4	−3
Préparation du « biscuit » d'I.											
D. schimperiana Ex. Dschang											
Cossettes séchées											
au soleil	+328**	+2	0	−2	−4	+37**	−4	+337**	−42**	−73**	−26**
« Biscuit »	+43*	−14*	+2	+9	−33**	+70**	−22**	+981**	−71**	−81**	−59**
D. schimperiana Ex. Bui											
Cosettes séchées											
sur claie	+421**	+3	−1	—	+13	+7*	−17*	+280*	−59**	−40*	−39**
« Biscuit »	+32*	−4	+6	+16*	−63**	+27**	−34**	+298**	−83**	+65**	−71**

a) Signification : * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.
b) Les calculs ont été faits à partir de la matière sèche délipidée.

préjudiciable. En effet, ce traitement est particulièrement destructeur ; il comprend une 1re cuisson à l'eau de l'igname *D. schimperiana* non épluchée, suivie de l'épluchage et du séchage, puis d'une 2e cuisson et d'un pilage à chaud. Les pertes en nutriments sont de 4 à 14 % pour les protéines ; 33 à 63 % pour les matières minérales ; 71 à 83 % pour la thiamine, 65 à 81 % pour la riboflavine, le séchage au soleil étant le plus néfaste ; et 59 à 71 % pour la niacine. Seuls le calcium, le fer et la fibre ne sont pas diminués au cours de cette préparation.

Viennent ensuite la préparation du « fufu » et la cuisson à l'eau après épluchage. Pour ces 2 préparations, les pertes en nutriments sont respectivement de 13 à 14 % pour les matières minérales, le calcium étant le plus affecté ; de 14 à 13 % pour la riboflavine ; de 25 et 23 % pour la thiamine ; et de 27 à 26 % pour la niacine.

Il est assez surprenant d'observer des pertes de niacine comparables à celles de thiamine au cours de la cuisson à l'eau des ignames *D. rotundata* et *D. cayenensis* après épluchage quand on sait que la thiamine est thermolabile alors que la niacine est peu sensible à la chaleur. Cette observation est confirmée par Paul et Southgate (1978) qui évaluent les pertes moyennes de thiamine, riboflavine et niacine au cours de la cuisson des tubercules à 25, 30 et 30 % respectivement. On pourrait expliquer ce fait par une solubilisation de la niacine aussi importante que celle de la thiamine. En effet, les conditions de cuisson correspondent à une dissolution à chaud avec agitation permanente pendant une durée assez importante. En outre, la concentration en niacine du milieu de cuisson n'est que de 0,50 mg en moyenne pour 100 ml d'eau, alors que la niacine est soluble dans des proportions de 1,2 à 1,6 g pour 100 ml d'eau, la thiamine l'étant à 100 g pour 100 ml (Adrian, 1959).

La préparation de la farine affecte surtout la thiamine et la riboflavine, les pertes moyennes étant de 22 % pour la première et de 37 % pour la seconde. Cette préparation n'est guère préjudiciable à la teneur en minéraux. Les différences observées entre la farine obtenue par mouture au mortier de bois et celle obtenue par mouture au broyeur électrique, ne sont pas statistiquement significatives.

La cuisson avec peau de l'igname *D. dumetorum* bien que relativement longue, est peu défavorable aux qualités nutritives. Les pertes les plus importantes concernent la thiamine (−17 %) et la niacine (−23 %). On peut expliquer la différence entre les 2 vitamines, qui est en faveur de la thiamine, par une diffusion des vitamines solubles de la peau vers la chair du tubercule en cours de cuisson. Nous avons pu vérifier, en effet, que le tubercule entier est plus riche en thiamine qu'en niacine par rapport au tubercule épluché (Tableau 4). La cuisson à l'eau prolon-

Tableau 4. Pertes à l'épluchage

	D. rotundata (n = 3)			*D. cayenensis* (n = 3)			*D. dumetorum* (n = 2)		
	I. entière	I. épluchée	% variation à épluchage	I. entière	I. épluchée	% variation à épluchage	I. entière	I. épluchée	% variation à épluchage
Matière sèche (g)	27,7	29,3	6	26,6	24,0	−10	21,9	25,3	15
Calories	386,3	388	1	385	387	1	376	380	1
Protéines (g)	3,46	3,72	8	4,8	4,3	−10	10,62	10,13	−5
Lipides (g)	0,17	0,12	−29	0,51	0,48	−6	0,48	0,42	−13
Glucides (g)	93,1	93,4	0	91,1	92,1	1	85,3	86,5	1
Fibre (g)	3,8	2,3	−39	3,2	1,8	−44	8,1	5,4	−33
Centres (g)	3,3	2,8	−15	3,2	3,1	−3	3,6	2,9	−19
Ca (mg)	115	123	6	78	53	−32	214	110	−49
P (mg)	150	136	−9	153	137	−10	227	198	−15
Fe (mg)	12	1,6	−87	6,5	0,7	−89	8,3	3,8	−54
Thiamine (mg)	542	357	4	206	247	20	705	558	−21
Riboflavine (mg)	116	109	−6	43	44	1	310	291	−6
Niacine (mg)	1,3	1,2	−8	1,3	1,2	−7	2,2	2,1	−5

gée entraîne également des pertes en protéines relativement importantes.

La cuisson à l'eau avec peau de l'igname *D. schimperiana* entraîne des pertes relativement importantes dues aux nombreuses surfaces découvertes, le tubercule ayant été coupé dans le sens de la longueur puis fragmenté plusieurs fois. Ce sont également la thiamine et la niacine qui sont les plus affectées avec des pertes moyennes respectives de 21 à 23 % et de 26 à 36 % selon les variétés. Les pertes en protéines sont variables.

Les modes de préparation qui apparaissent les plus avantageux sont la cuisson sur braises et la friture à l'huile de palme. La première n'est préjudiciable qu'à la thiamine (−13 %) ; la teneur en fibre est également abaissée (−21 %), mais cette dernière variation n'est pas significative. Au cours de la friture, aucune perte importante n'est observée.

Mais les pertes d'éléments nutritifs résultent également de l'importance des déchets. On comprend alors pourquoi le bilan nutritionnel de la cuisson à l'eau avec peau est le plus favorable, l'épluchage des tubercules après leur cuisson à l'eau permettant une meilleure récupération de la partie comestible (Tableau 5). Le bilan nutritionnel de la cuisson à l'eau avec peau de l'igname *D. dumetorum* indique que les seules pertes importantes concernent le fer (−50 %), la thiamine (−38 %) et la niacine (−31 %).

La cuisson à l'eau de l'igname *D. cayenensis* épluchée présente un bilan nutritionnel inférieur à celui de la friture, en particulier en ce qui concerne le bilan des vitamines B_1, B_2 et PP.

Le pilonnage lors de la préparation du « fufu » aggrave peu le bilan nutritionnel de la cuisson de l'igname sans peau. Les préparations dont le bilan nutritif par rapport au tubercule entier sont les plus défavorables sont celles de l'igname grillée sur braises et du « biscuit » d'igname. La première, en raison de l'importance quantitative des déchets carbonisés. Les pertes de matières sèches sont de 54 % en moyenne ; celles de matières minérales de 62 % en moyenne ; celles du fer dépassant 90 % ; les pertes de thiamine, riboflavine et niacine sont en moyenne de 60 %. Étant donnée la quantité insuffisante de cette espèce d'igname dont nous disposions, il ne nous a pas été possible d'effectuer les dosages sur le tubercule entier permettant de calculer les rendements nutritionnels obtenus lors de la préparation du « biscuit » à partir de l'igname *D. schimperiana*, mais la valeur nutritive du produit obtenu à partir d'1 kg d'igname brute laisse prévoir un bilan probablement défavorable (Tableau 6), ce traitement étant particulièrement destructeur.

Enfin, signalons que le bilan nutritionnel de la préparation de la farine d'igname est aussi relativement défavorable à cause, en partie, du refus obtenu après tamisage et qui représente plus du quart de la valeur énergétique de la farine (Tableau 7).

Discussion et conclusions

Il apparaît que les préparations de l'igname par cuisson à l'eau avant épluchage et par friture sont les plus avantageuses sur le plan nutritionnel. La cuisson sur braises et la préparation du « biscuit » ci-décrites sont à proscrire. L'utilisation de *D. schimperiana* pose alors des problèmes. C'est une igname comestible, peu répandue, de texture grossière et de qualités culinaires médiocres. Elle est cependant très appréciée par les populations Bamilékés de l'ouest du Cameroun sous forme du « biscuit ». Cette préparation améliore les qualités organoleptiques de cette igname et représente un mode de conservation pour la période hors-saison ou en temps de disette. Une technologie qui éliminerait les désavantages de la double cuisson permettrait une meilleure utilisa-

Tableau 5. Déchets à l'épluchage.

	N. d'observation	Moyenne (% du tubercule t.a.)[a]	Valeurs extrêmes (% du tubercule t.a.)
Ignames crues			
D. rotundata	27	23	16–39
D. cayenensis	17	25	13–34
D. dumetorum	3	26	21–30
D. schimperiana	2	25	21–30
Ignames cuites à l'eau avec la peau			
D. dumetorum	3	14	10–21
D. schimperiana	5		
ex. Dschang	3	13	10–16
ex. Bui	2	17	17–17
Ignames braisées			
D. rotundata	3	33	31–35

a) Tubercules bruts tels qu'achetés.

Tableau 6. Apports nutritionnels des dérivés d'1 kg d'igname t.a.[a]

	Matière sèche (g)	Calories	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Fibres (g)	Cendres (g)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Thiamine (mg)	Riboflavine (mg)	Niacine (mg)
I. cuite avec peau													
D. dumetorum	207	790	19,1	0,9	181	12,1	6,0	329	407	10,4	1,0	0,54	3,2
D. schimperiana ex. Dschang	171	649	14,2	0,3	151	6,4	5,8	105	195	9,0	0,34	0,23	1,9
D. schimperiana ex. Bui	111	413	10,0	0,3	95	8,9	5,9	231	240	10,4	0,19	0,07	1,2
I. cuite sans peau													
D. rotundata	209	811	9,1	0,2	195	4,5	5,1	118	281	5,1	0,54	0,19	2,3
D. cayenensis	215	827	8,0	0,5	200	5,1	5,7	195	254	2,8	0,56	0,10	1,7
Fufu d'I.													
D. rotundata	195	756	8,5	0,2	181	4,0	4,7	138	256	5,7	0,43	0,17	2,1
I. cuite sur braises													
D. rotundata	120	499	6,0	0,2	119	1,7	3,5	126	204	2,9	0,32	0,12	1,8
Farine d'I. tamisée													
D. rotundata (mouture mortier)	167	646	7,4	0,2	155	3,4	4,8	140	234	15,8	0,37	0,10	2,2
D. rotundata (mouture broyeur)	164	634	7,4	0,2	152	2,5	4,4	141	204	13,3	0,37	0,10	2,2
I. frite à l'huile de palme													
D. cayenensis	252	1359	8,6	87,4	150	6,3	6,7	206	299	19,2	0,59	0,13	2,5
« Biscuit » d'I.													
D. schimperiana													
ex. Dschang (séchage au soleil)	112	434	8,0	1,0	100	5,9	2,8	89	103	25,3	0,09	0,03	0,57
ex. Bui (séchage sur claie)	88	335	8,0	0,5	77	8,2	2,3	228	139	23,6	0,03	0,02	0,43

a) Ignames brutes telles qu'achetées, c'est-à-dire avant l'épluchage.

Table 7. Composition chimique du refus obtenu lors du tamisage de la farine à partir d'1 kg.

	Poids (g)	Matières sèches (g)	Calories (g)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucicides (g)	Fibres (g)	Cendres (g)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Thiamine (µg)	Riboflavine (µg)	Niacine (mg)
Mouture au mortier														
Refus/100 g de matière sèche		78,9	387	4,9	0,31	91,9	2,6	2,9	114	158	3,8	300	69	1,3
Refus/kg d'igname tel qu'acheté	61	48,1	186	2,4	0,15	44,2	1,3	1,4	55	76	1,8	144	33	0,62
Mouture électrique														
Refus/100 g de matière sèche		79,8	386	4,7	0,13	92,4	3,4	2,3	73	129	4,8	258	68	1,4
Refus/kg d'igname tel qu'acheté	56	44,7	173	2,1	0,06	41,3	1,5	1,2	32	58	2,13	115	30	0,64

tion de cette igname. Dans cet ordre d'idées, on pourrait préconiser la farine ; celle-ci n'étant pas toujours appréciée du consommateur africain, la préparation d'une purée par pilonnage de l'igname cuite à l'eau après épluchage et découpage en petits cubes pourrait être plus adaptée mais n'en permettrait pas la conservation.

La cuisson sur braises n'entraîne par elle-même que peu de pertes en nutriments, exception faite de la destruction d'une grande quantité de matières sèches. Il serait donc intéressant de mettre au point des technologies visant à réduire la carbonisation.

La farine présente l'avantage de fournir un produit qui se conserve bien et qui offre des facilités de commercialisation même à longue distance. La préparation traditionnelle de la farine d'igname a un rendement nutritionnel relativement faible. Différents modes de préparation ménagère ou industrielle ont été décrits (Afable, 1971 ; Eldash et alii, 1978 ; Gamboa, 1944 ; Jarmai et Montford, 1968 ; Martin et Ruberte, 1975 ; Misawa et Matsuraba, 1965). Compte tenu de l'effet des différents traitements sur la valeur nutritive de l'igname, il apparaît que les modes de préparation utilisant la cuisson avant épluchage pourraient être parmi les plus avantageux. Ils permettraient aussi d'éviter le brûnissement à l'épluchage observé avec certaines variétés d'igname. Le séchage traditionnel de l'igname au soleil entraîne des pertes considérables de vitamines B. L'application de technologies appropriées (séchoirs solaires, etc.,) pourrait réduire la durée de cette opération. Enfin, l'utilisation d'un broyeur à recyclage permettrait d'obtenir une farine suffisamment fine et de réduire le refus au tamisage. Ce dernier pourrait d'ailleurs être utilisé en alimentation animale.

En ce qui concerne les apports nutritionnels, l'igname apparaît comme l'un des tubercules tropicaux les plus intéressants. Sur la base d'une consommation moyenne de 300 g d'igname brute par personne et par jour, estimation basée sur les données de la production d'igname au Cameroun (Ministère de l'agriculture, 1978) et qui indique une consommation relativement faible par rapport à la banane plantain ou au manioc, et en se référant aux recommandations du groupe mixte d'experts FAO/OMS sur les besoins nutritionnels de l'homme (OMS, 1973; Passmore et alii, 1974), l'igname peut satisfaire les besoins de l'adulte Camerounais, comme suit : 9 % des besoins en protéines, 16 % en calcium, 25 % en phosphore, 9 % de fer et 22 % de thiamine. La cuisson modifie ces apports. Les vitamines représentent les principes nutritifs les plus affectés ; après cuisson, l'igname ne satisfait en moyenne que 14 % des besoins en thiamine (Figures 5, 6 et 7).

Il apparaît nécessaire de préciser la nature et les proportions des différentes formes chimiques, libre ou combinée, sous lesquelles les vitamines B, particulièrement la vitamine B_1, la vitamine B_2 et la vitamine PP, sont présentes dans l'igname. Il est probable qu'elles s'y trouvent sous forme libre. En effet, il nous a été possible d'extraire 96 % de la thiamine totale, 95 % de la riboflavine totale et 97 % de la niacine totale chez *D. rotundata* par simple agitation dans l'eau, à froid. Ces données nécessitent cependant d'être approfondies par des méthodes plus rigoureuses. Elles permettraient, entre autres, de mieux comprendre les modalités des pertes de ces vitamines.

De même, il est nécessaire de déterminer les effets de la cuisson sur la disponibilité des minéraux dans l'igname. Celle-ci est encore mal connue, en particulier après transformation de l'igname. Pourtant, la cuisson et certains procédés comme la fermentation modifient certains complexes chimiques des minéraux comme les phytines (Joseph, 1973 ; Oke, 1966).

Nous tenons à remercier vivement M. S.N. Lyonga qui nous a aimablement procuré les tubercules de *D. schimperiana* cultivés au centre de l'IRA d'Ekona.

LE TARO

COMMENT FAIRE PROGRESSER LA RECHERCHE SUR LES TAROS

E.V. DOKU

DÉPARTEMENT DES CULTURES VIVRIÈRES, UNIVERSITÉ DU GHANA, LEGON (GHANA)

La formation naturelle d'inflorescences et de graines est rare chez les taros *Colocasia* et *Xanthosoma*, l'interaction de la polyploïdation, des mutations somatiques accidentelles, leur introduction dans des nouveaux milieux où les façons culturales sont différentes, facteurs associés à la sélection pratiquée au cours des siècles, ont augmenté la variabilité de ces espèces de façon impressionnante. Le continent africain tout entier pourrait profiter de l'exploitation immédiate de ces caractéristiques dues à la multiplication par voie végétative de ces espèces, et on pourrait procéder à la constitution de collections systématiques, à l'évaluation et la distribution de cultivars supérieurs. La variabilité pourrait être accrue et des variétés encore plus parfaites obtenues par des méthodes de reproduction et d'hybridation au moment de la floraison et de la nouaison. On suggère des moyens pour y parvenir.

Although natural flowering and seed setting are rare in the cocoyams — *Colocasia* and *Xanthosoma* — mutual interactions of polyploidization, occasional somatic mutations, and introductions to new and contrasting environments and growing conditions, followed by selection over several centuries in cultivation, have produced an impressive array of variability within the two species. This variability which has accumulated on account of the vegetative means of propagating the species, if exploited, can benefit the entire African continent through systematic collection, evaluation, and distribution of elite cultivars. Variability can further be increased and superior varieties developed when flowering, seed setting, and methods of hybridization and breeding procedures are worked out. Suggestions are given as to how these can be achieved.

Colocasia et *Xanthosoma*, généralement appelés taros, sont les deux genres les plus importants de la famille des aracées. Les trois autres genres, *Alocasia*, *Amorphophallus* et *Cyrtosperma* n'ont d'importance comme plantes alimentaires que dans le bassin du Pacifique.

Originaire du sud-est asiatique, probablement de l'Inde ou de la Malaisie où il subsiste encore à l'état sauvage, le taro s'est répandu dans l'Inde et le bassin du Pacifique (y compris la Nouvelle-Zélande et Hawaï), pendant la préhistoire (Burkhill, 1938 ; Porteres, 1960). Il atteint l'Égypte par le Moyen-Orient, vers l'an 100 de notre ère, pour s'étendre ensuite en direction de l'ouest le long de la Méditerranée et à travers l'Afrique jusqu'à la côte de Guinée (Afrique occidentale). En 1500, il était déjà cultivé en Gambie et à Sao Thome. Madagascar, qui est reliée culturellement à l'Indonésie, a sans doute été un autre relais par lequel le taro est parvenu en Afrique et s'y est répandu. De l'Afrique occidentale, la plante a traversé l'Atlantique et atteint l'Amérique tropicale vers les années 1500. Dès 1800, elle était passée des Antilles au Brésil et, plus récemment à la côte sud des États-Unis. Le taro se rencontre donc dans toutes les régions tropicales et jusqu'aux frontières des zones tempérées du monde entier.

Le genre *Xanthosoma* est originaire de l'Amérique tropicale où on le cultivait aux époques précolombiennes. On le rencontre depuis le Mexique jusqu'au Brésil mais sa culture se concentre surtout dans la zone des Antilles. Au cours des années 1840 ou, sans doute, plus tôt, il a été introduit en Afrique occidentale par des missionnaires venant des Indes occidentales (Wright, 1930b) et s'est ensuite étendu à d'autres parties de l'Afrique. On le cultive aussi en Océanie et dans le sud-est asiatique. Comme celle de *Colocasia*, sa culture est pantropique mais, en raison de sa supériorité sur cette dernière en fait de rendement, de sapidité, d'adaptabilité et de résistance aux maladies et aux insectes, *Xanthosoma* est en voie de la supplanter en Afrique occidentale et probablement aussi en d'autres régions du monde.

CLASSIFICATION ET VARIABILITÉ

Il existe beaucoup de controverse concernant la taxologie de *Colocasia*. Taro, eddoe, dasheen curcas (Kolkas), ou « vieux » taro sont autant de formes

d'une plante d'abord désignée comme *Arum esculentum*, mais appelée aujourd'hui *C. esculenta* ou *C. antiquorum*. L'appellation prioritaire et donc la plus valable est cependant *C. esculenta*. On donne le nom de Taro à la forme des terres humides, les autres étant des formes de terres sèches.

Il n'est pas toujours possible d'appliquer de façon rigide les concepts de la taxologie linnéenne à des plantes cultivées depuis des temps immémoriaux, en particulier lorsque la propagation par voie végétative et la sélection clonale au cours des siècles ont donné naissance à des variations continuelles des formes. Hill (1939) a donc considéré les taros comme une espèce polymorphe, *C. esculenta* (*C. esculenta* est le taro et *C. esculenta* globulifera est le chou caraïbe). Cette classification est admise par plusieurs scientifiques.

Il existe des centaines de cultivars de *C. esculenta* différents entre eux par la forme et la grosseur des tubercules, leur texture, couleur, propriétés, acridité, teneur en amidon, propriétés de conservation, le nombre des bulbilles, etc. Les cultivars diffèrent également par leurs exigences en éléments fertilisants et en irrigation et par leur résistance aux maladies et aux parasites.

Ces différences sont probablement attribuables à des mutations somatiques, à des recombinaisons génétiques résultant de fécondations fortuites, d'aberrations chromosomiques et de polyploïdisation (aussi bien euploïde qu'aneuploïde). Les nombres de chromosomes rapportés (2n) sont de 14, 22, 26, 28, 38 et 42 ; 2n = 28 se rencontre de façon prédominante en Inde, au Japon, en Polynésie, et 2n = 42 en Inde, aux Philippines et en Nouvelle-Zélande (Yen et Wheeler, 1968).

Ainsi, vu le mode de propagation surtout végétatif de *Colocasia* et son lointain passé de plante vivrière cultivée, on a pu au cours des années sélectionner et préserver des types de variations jugés utiles pour les humains, parmi lesquels on a trouvé des cultivars adaptés, selon les régions, à différentes conditions de climat, de sol, d'altitude, d'humidité, de température, etc.

Cette immense réserve de variations est immédiatement disponible à l'état brut et sous forme de multiples combinaisons et de recombinaisons à venir, pour peu que l'on en découvre les conditions de floraison, d'hybridation, de fécondation des semences et de culture des plants de semis.

Comme pour *Colocasia*, la variabilité de *Xanthosoma* est assez considérable. Le genre inclut des plantes cultivées sous les noms vulgaires de Yautia, Tannia, Macabo, Mafaffa ou nouveau taro. Les agronomes désignent généralement les représentants de *Xanthosoma* qui produisent des tubercules comestibles sous le simple nom de *X. sagittifolium*. Toutefois, on a identifié parmi les multiples formes cultivées un certain nombre d'espèces d'après leurs principaux caractères végétatifs (Haudricourt, 1941). Au nombre de celles-ci figurent *X. sagittifolium*, *X. jacquini*, *X. carcacu*, *X. mafaffa* (trois cultivars), *X. atrovirens* (cinq cultivars), *X. beloplylum* (quatre cultivars) et *X. brasiliense*.

On trouvera la description détaillée de ces diverses formes dans la documentation botanique existante (Gooding et Campbell, 1961a ; Karikari, 1971). Comme nous l'avons souligné pour *Colocasia*, il est douteux que toutes ces formes puissent répondre à une classification taxologique linnéenne rigoureuse. La variabilité du *Xanthosoma* semble cependant moins prononcée que celle de *Colocasia* et la littérature à son sujet est également plutôt rare. On ne connaît pas le nombre des chromosomes bien que, dans le cas de *X. sagittifolium* on ait rapporté que 2n = 26, suggérant un caractère diploïde (Wilson, 1974). Cependant, on retrouve dans l'espèce *Xanthosoma* et chez ses cultivars identifiés une variabilité fort proche de celle de *Colocasia* concernant la maturité, la texture, le goût, la couleur, la grosseur des tubercules, l'utilisation des feuilles, etc.

Programmes nationaux de recherche

De toutes les plantes-racines cultivées en Afrique, les taros ont été les moins étudiées. La recherche à leur sujet, bien qu'ayant débuté au commencement des années 1930, n'a pas été poursuivie de façon soutenue. L'attention s'est portée beaucoup plus du côté du manioc et de l'igname. Par exemple, au Ghana en 1925, on a tenté de découvrir l'organisme causant une maladie décrite comme le pourridié des racines, et les moyens de la combattre (Wright, 1930a). Posnette (1945), célèbre par sa découverte du virus pathogène du « Swollen Shoot » du cacaoyer, a poursuivi les recherches et a émis des recommandations d'une grande portée. À ma connaissance, les choses en sont restées là. Le même Posnette (1945) a présenté plusieurs nouvelles formes, notamment *X. violaceum* et a essayé d'introduire la floraison, la pollinisation artificielle et la culture de semis, afin de pouvoir répandre l'usage de matériel génétique exempt de maladies. Ce travail ne s'est pas poursuivi. L'exemple du Ghana se retrouve dans plusieurs autres pays africains. Les cultures de rapport, surtout celles d'exportation (cacao, huile de palme, caoutchouc, etc.) continuent d'avoir la priorité, suivies par les céréales et les légumineuses et, enfin, par les plantes-racines parmi lesquelles les taros semblent occuper le dernier rang.

Stratégies pour le progrès

Toute stratégie doit être bien planifiée et ses divers

éléments parfaitement coordonnés pour qu'elle ait des chances de succès. La planification devrait être confiée à un organisme comme l'IITA ou l'Institut national de recherche pour les plantes-racines, à Umudike, qui pourraient ainsi coordonner les travaux des institutions collaboratrices de toute l'Afrique. Nous proposons, dans cet esprit, un programme en deux phases :

- La phase I (à court terme) aurait un caractère préparatoire, consacrée à l'identification, à l'évaluation et à la distribution rapide de cultivars d'élite choisis parmi ceux qui existent déjà ;
- La phase II (à long terme) devrait débuter aussitôt que possible mais pas avant qu'on ait bien identifié, sélectionné et classé les variétés reconnues. Les programmes développés dans cette phase remplaceront progressivement ceux de la phase I et constitueront l'essentiel des recherches principales à poursuivre. À ce stade, les études prendront un caractère multidisciplinaire où la physiologie, la pathologie et l'entomologie joueront un rôle prédominant par les informations que ces sciences apporteront aux généticiens et aux agronomes dans leur recherche à long terme sur l'amélioration des cultivars, leur culture et leur utilisation.

Phase I

Les circonstances entourant l'introduction des premiers plants cultivés n'ont pas nécessairement assuré la distribution des cultivars en fonction du milieu le plus favorable à leur développement. S'il en a parfois été ainsi, ce fut grâce au hasard. La floraison et la fécondation des semences laissaient à désirer et la sélection clonale ne pouvait s'effectuer que dans les limites du matériel restreint dont on disposait, c'est-à-dire à partir des plants d'origine et peut-être de quelques nouveaux types obtenus par la rare intervention de mutations somatiques et la nouaison occasionnelle des fruits. Au mieux, la sélection n'aurait été que peu durable, la variabilité s'épuisant rapidement. Nos « meilleurs » cultivars actuels auraient donc pu être fort différents si les plants introduits précédemment avaient eu pour origine des mélanges différents.

Il est donc nécessaire d'établir un programme de collecte systématique de variétés, cultivées ou à l'état sauvage, provenant de toutes les régions du monde où les taros sont déjà implantés, en particulier des pays où existent déjà des collections. Pour *Colocasia* ces pays sont surtout Hawaii, le bassin du Pacifique, l'Inde et la Nouvelle-Zélande ; pour *Xanthosoma*, les Antilles et d'autres régions de l'Amérique latine. Il n'existe nulle part de collection d'ensemble de *Xanthosoma* et il serait plus que temps d'en constituer une. La SIPRT-DA devrait, moyennant les concours nécessaires sous forme de fonds, d'équipement, etc., assigner la tâche de réunir et d'entretenir cette collection à une ou plusieurs institutions africaines comme l'IITA, qui possèdent les moyens et l'expérience nécessaires en ce domaine.

Les difficultés de création et d'entretien d'une telle collection sont multiples et les quelques tentatives amorcées dans le passé ont dû être abandonnées, faute de moyens financiers assurés. Parmi ces difficultés, on doit mentionner :

- le caractère périssable et le volume des semenceaux, ainsi que leur coût élevé de conservation et de transport ;
- le maintien de collections à l'état vivant à l'aide de plantations répétées, tâche à la fois laborieuse et onéreuse favorisant l'envahissement de maladies et de parasites, de virus en particulier, et la détérioration et la perte finale des semenceaux ; et
- le manque de moyens efficaces de désinfection ou de désinfestation du matériel végétatif de plantation dans plusieurs régions du monde, qui empêche les échanges internationaux de ce matériel.

De nouvelles méthodes de conservation à long terme du matériel génétique des organes végétatifs s'imposent donc de façon urgente. Entre-temps, les méthodes actuelles d'obtention de « semences » sous forme de bulbilles, par exemple, provenant de la récolte précédente pourraient être améliorées. Ces bulbilles peuvent être entreposées jusqu'à six mois sans germer, surtout si la température est maintenue entre 10 et 15 degrés, avec aération adéquate (Martin, 1975).

L'identification de tout le matériel recueilli revêt une importance primordiale, en particulier lorsque les formes sont exposées à varier constamment et qu'il est urgent de pouvoir distinguer les cultivars. Le Conseil international des ressources phytogénétiques (AGP, IBPGR/179/52, 1980) a déjà compilé des relevés signalétiques pour *Colocasia*, qui devraient grandement faciliter l'identification des espèces et des cultivars. Des relevés du même genre s'imposent pour *Xanthosoma*. La SIPRT-DA devrait demander à l'IBPGR d'effectuer ces travaux et de les confier aux mêmes spécialistes qui ont compilé les données relatives à *Colocasia*.

L'évaluation des matériels d'élite devrait se poursuivre à différents stades, commençant par le « musée » où, jusqu'à ce que l'on ait trouvé d'autres méthodes, seront conservées les collections à l'état vivant ; le stade suivant serait celui des essais dans le champ, comportant par exemple l'étude des conditions édaphiques, des besoins en eau et en éléments fertilisants, de la densité de plantation, etc. Cette évaluation devrait renseigner sur la durée de maturation, le rendement et la qualité des tubercules et des

feuilles, la sapidité des tubercules, feuilles et pétioles et leur convenance aux habitudes culinaires de la région, etc., sur la texture, les teneurs en amidon et en matière sèche, etc., des tubercules et bulbilles, sur la tolérance ou la résistance des plants aux maladies et aux insectes (moisissures, bactéries, virus et nématodes), sur la durée de conservation des tubercules (jusqu'à ce qu'ils germent ou se détériorent). On devra s'appliquer à sélectionner des types à maturité hâtive (9 mois) donnant un bon rendement même en étant fortement défeuillés.

À ce stade, on devrait pouvoir compter sur des institutions qui accepteraient de coopérer à d'autres évaluations du matériel sélectionné concernant son adaptabilité aux conditions locales (c.-à-d. les essais coopératifs bien connus et concluants qu'effectue l'IITA pour d'autres récoltes). Les essais locaux devraient permettre d'identifier et de multiplier les clones les plus appropriés à un usage local généralisé. Leur distribution devrait s'accompagner de l'adoption de procédés agronomiques éprouvés : engrais, eau, etc., mis au point aux stades précédents et confirmés par les essais coopératifs.

Phase II

L'identification et les informations à fournir concernant les principaux caractères physiologiques sur lesquels devront s'appuyer les sélectionneurs et les agronomes nécessitent un programme approfondi de physiologie qui leur permettra de mettre au point un ensemble de variétés à grand rendement adaptées à leur milieu.

Colocasia et *Xanthosoma* n'ont qu'un minimum d'aptitude à fleurir et à produire des semences fertiles. Or, la sélection et la recherche génétique ne peuvent se poursuivre en l'absence de floraison et de fructification. Il est donc de toute importance d'établir les moyens de répondre à ces conditions. On devra également mettre au point des techniques de pollinisation directe et d'hybridation, ainsi que pour la germination des semences et la reproduction par semis.

On a rapporté des travaux de McDavid et d'Alanu (1976) sur la floraison et de Kikuta et alii (1937), Volin et Zettler (1975) et Jackson et alii (1977) sur les semences et la propagation par semis. Des résultats encourageants relatifs à la floraison, à la pollinisation et à la fertilisation des semences de *Colocasia* et de *Xanthosoma*, obtenus récemment à l'IITA (Rapport annuel 1978) en traitant des plants avec le sel potassique de l'acide gibberellique (GA_3) indiquent que l'on peut certainement provoquer la floraison. On devrait aussi explorer les possibilités d'agir sur les variables de l'environnement, comme la longueur des jours et la température, le degré d'ombrage, et la défeuillaison imposée seule ou conjointement avec un traitement chimique, pour essayer de stimuler la floraison et la fertilisation des semences.

Les collections d'éléments vivants, assez coûteuses à entretenir, pourraient être remplacées par des plantules ou des mériclones provenant de cultures de tissus, comme moyen de conserver le matériel génétique. De plus, l'emploi de plantules faciliterait beaucoup la distribution à grande échelle de matériel sain dans tout le continent. On devra donc intensifier les recherches dans cette voie. Les cultures de tissus ont déjà permis la propagation de plusieurs espèces horticoles et il existe actuellement plusieurs procédés que l'on pourrait explorer. On devra aussi étudier plus à fond les travaux antérieurs rapportés par Mapes Cable (1973) sur *Colocasia* et en tirer profit pour la multiplication à grande échelle non seulement de *Colocasia* mais de *Xanthosoma*.

Plusieurs physiologistes sont préoccupés de la médiocre utilisation de l'énergie solaire par les plantes-racines. Selon des calculs portant sur un meilleur usage des rayons solaires dans des conditions idéales pour la plante-racine, c'est-à-dire couverture rapide du sol, meilleure interception des rayons solaires et répartition plus efficace entre les parties foliacées, avec une meilleure répartition de la matière sèche entre les organes contribuant au rendement, il ressort que le potentiel de production de matière sèche atteint 550×10^3 cal/ha/jour, soit la moitié seulement du potentiel brut (de Vries et alii, 1967). Dans des conditions de culture plus avancées, les niveaux de production qu'on pourrait attendre de cultivars supérieurs devraient s'élever à 140 t/ha/ année de manioc et à 400 t/ha/année de patate douce, soit deux à trois fois plus que les rendements actuels les plus élevés (Wilson, 1974).

Théoriquement, ces perspectives de rendement sont réalisables dans le cas des taros. Mais elles ne le seront que par l'étude approfondie de la physiologie de la plante cultivée et le recours, en particulier, à des techniques d'analyse de son développement. Il faudra, entre autres, découvrir des cultivars dotés d'aptitudes supérieures à capter et à utiliser le rayonnement solaire, et à élaborer, répartir et accumuler rapidement la matière sèche dans leurs organes tubéreux. Les variétés possédant ces qualités devront avoir des feuilles plus petites, des indices de surface foliaire réduits, leur énergie se consacrant au grossissement précoce du tubercule pour que ce dernier atteigne son poids maximum ou, en d'autres termes, mûrisse de bonne heure.

Les taros vivant à l'ombre, il se produit un renouvellement rapide des feuilles, et les exploitants procèdent à des cueillettes souvent désordonnées à des fins alimentaires, qui détruisent la plante.

Il importerait donc d'établir quelle est la surface optimale du feuillage et le rapport qui existe entre la durée de ce dernier et le rendement, c'est-à-dire à

quels stades de la croissance et avec quelle fréquence doit-on cueillir des feuilles. Toutes ces recherches devront s'effectuer sous différents régimes d'ombrage, d'humidité et de fertilisation. Autant que possible, on étudiera deux types – l'un cultivé pour les tubercules, l'autre pour son rendement en feuilles.

On devra également s'attacher à produire des tubercules aux formes les plus avantageuses, pouvant varier du gros tubercule central portant quelques bulbilles latérales, au petit tubercule central avec nombreuses bulbilles latérales. Il reste à déterminer laquelle de ces combinaisons donnera les meilleurs rendements dans différentes conditions de culture.

En dernière analyse, ce genre d'études physiologiques pourrait conduire à définir le type de plant idéal dont les sélectionneurs devraient s'inspirer dans leurs recherches génétiques.

Les taros semblent être relativement à l'abri des maladies et des insectes. Cependant, toujours à cause de la faible priorité que leur ont accordée les programmes nationaux, on s'est à peine préoccupé des quelques genres de pourridié d'origine fongique et des maladies à virus qui attaquent la plante. La culture du taro prenant plus d'ampleur, ses ennemis prendront plus d'importance. Toutes les formes étudiées devront donc être sélectionnées en fonction de leur résistance à ces facteurs débilitants.

Les sélectionneurs devront intégrer dans les programmes d'hybridation visant à introduire les caractères utiles et produire des variétés supérieures, les les résultats obtenus par les spécialistes de la recherche dans les différentes disciplines connexes. La création de variétés supérieures ne devrait pas trop retarder sur la distribution des clones d'élite provenant de la collection de matériel génétique d'origine. Elle devrait, au contraire, se conjuguer à celle-ci de façon que l'ardeur suscitée au début du programme se maintienne pendant toute sa durée.

Une fois terminées la sélection de souches parentales à fort potentiel, l'hybridation et la culture des semis, il ne restera plus qu'à sélectionner les lignées les plus prometteuses, tâche à laquelle devraient participer les organismes nationaux de toutes les sous-régions.

Pourridié des racines et pourriture pendant la conservation du taro, au Nigéria

G.C. Okeke

Institut national de recherche pour les plantes-racines, Umudike, Umuahia (Nigéria)

Symptômes et aspects de l'étiologie du pourridié des racines du taro ainsi que la pourriture en cours de stockage, cette dernière observée régulièrement au Nigéria chez *B. theobromae*, *F. solani*, *F. moniliforme*, et *S. rolfsii*. Sur le terrain, les symptômes de la maladie se manifestent par la pourriture de la racine, la chlorose des feuilles suivie par la nécrose et le dessèchement des parties attaquées pour se terminer par la mort prématurée des parties aériennes de la plante. Parmi les autres symptômes observés, une faible production de tubercules et de bulbilles de taille réduite.

Symptoms and some aspects of etiology of cocoyam root and storage rot were studied. *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium solani*, *F. moniliforme*, and *Sclerotium rolfsii* were found to be in constant association with storage rot of cocoyam in Nigeria. Field symptoms of the disease included extensive root decay, leaf chlorosis followed by necrosis and shriviling of affected parts, and finally premature death of the aerial portions of the plant. Poor production of cormels and reduced corm sizes were other field symptoms of the disease.

Le pourridié des racines et la pourriture pendant la conservation sont des inconvénients majeurs qui font obstacle à la production des taros au Nigéria. L'Institut national de recherche pour les plantes-racines (INRPR, 1979–1980) estime que les pertes de ce chef s'élèvent à 40–45 % des tubercules et bulbilles. Dans plusieurs régions du monde où l'on cultive cette plante-racine, la pourriture pendant l'entreposage a fait l'objet d'études. Wright (1940) a décrit trois types différents de pourritures de *Xanthosoma sagittifolium* : la pourriture sèche, la pourriture noire spongieuse et la pourriture sclérotique. Gollifer et Booth (1973b) ont isolé les *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium solani* et *Sclerotium rolfsii* dans des tubercules conservés aux Îles Salomon. Arene a isolé le *Corticium rolfsii* (*S. rolfsii*) de la base pourrie des feuilles de taro et déclaré que cet organisme était la cause de la pourriture basale de la plante (Arene, communication personnelle). Jackson et alii (1975), de leur côté, ont étudié la pourriture de *Colocasia esculenta*, aux Îles Salomon, et Trujillo (1967) en a fait autant dans la région du Pacifique. Gollifer et Booth (1973a) ont rapporté que *B. theobromae*, seul ou associée avec *F. solani*, pouvait provoquer une sorte de pourriture spongieuse qui, occasionnellement, séchait et devenait poudreuse et dont la couleur variait du blanc crème au gris-brun pâle. On a aussi mentionné les virus. Posnette (1945) suggérait comme hypothèse de travail valable pour l'étude de la pourriture des racines des taros, que le pathogène primaire devait être un virus. Bien que le pourridié des racines et la pourriture des taros en entrepôt aient fait l'objet d'études dans plusieurs pays où la plante est répandue, je n'ai pas connaissance que des recherches comparables aient été entreprises au Nigéria.

Dans cet exposé nous nous attacherons à identifier les agents causatifs du pourridié des racines et de la pourriture des taros en cours de stockage, au Nigéria, et nous décrirons divers aspects et symptômes de l'étiologie de ces maladies.

Matériels et méthodes

Des isolats ont été prélevés sur des tissus internes et externes de *X. sagittifolium* et *C. esculenta*. Tous les organismes identifiés ont été envoyés au Commonwealth Mycological Institute (CMI), en Angleterre, pour confirmation.

Pour les isolats des tissus externes des tubercules, nous nous sommes servis de 10 tubercules de *X. sagittifolium* pris au hasard et d'un nombre égal de *C. esculenta*. Ils ont d'abord été lavés pendant 5 minutes à l'eau courante, et ensuite à l'eau distillée. Les squames de feuilles mortes ont été soigneusement enlevées de chaque tubercule lavé et transférées dans une becher de 25 ml contenant 15 ml d'eau

distillée. De même, on a détaché des tubercules les bouts de racines mortes et on les a également placés dans un becher, dans les mêmes conditions. Après avoir trempé durant 10 minutes dans l'eau distillée, les squames et les bouts de racines ont été séchés séparément sur du papier-filtre stérilisé. Ensuite, à l'aide d'un scalpel, j'ai découpé les uns et les autres en minces sections d'environ 2 mm de longueur. De chaque groupe d'échantillons 10 sections choisies au hasard ont été placées sur des plaquettes d'agar de dextrose de pomme de terre (ADPT) et incubées pendant 4 jours à 27–28 °C. Le 5e jour, des prélèvements effectués sur les bords des diverses colonies fongiques apparues sur les tissus ont été transposés séparément sur d'autres plaquettes d'ADPT frais et mis en incubation pendant 21 jours à la température du local (25 à 26 °C). Ces prélèvements ont ensuite été identifiés sous le microscope à partir, surtout, des caractères morphologiques des spores, de leur couleur et des types de corps résistants obtenus.

De la même manière, on a prélevé des isolats sur des tissus internes de 10 tubercules de *X. sagittifolium* et de 10 autres de *C. esculenta*, pris au hasard dans des tas de tubercules portant des traces de pourriture. Les tubercules, d'abord lavés à l'eau courante pendant 10 minutes et rincés à l'eau distillée, ont ensuite été immergés durant 15 minutes dans une solution de Chlorox à 10 % puis, après un autre rinçage à l'eau distillée, mis à sécher sur papier-filtre stérilisé. À l'aide d'un scalpel préalablement désinfecté dans le Chlorox à 10 %, j'ai tranché de minces lamelles de taro et de *Xanthosoma* en partant des parties saines et en allant vers le coeur du foyer d'infection. Après chaque coupe, la lame du scalpel était désinfectée dans une solution fraîche de Chlorox. Du coeur même de la zone infectée des tubercules j'ai prélevé quatre minces lamelles (1–2 mm) et les ai déposées sur des plaquettes d'ADPT. Celles-ci une fois inoculées ont été mises en incubation pendant 4 jours à 27–28 °C. Le 5e jour, j'ai transposé sur d'autres plaquettes d'ADPT frais des sections du mycélium formé à la périphérie des tissus analysés. Ces nouvelles cultures ont ensuite été incubées.

Potentiels pathogènes

Nous avons fait l'étude du potential pathogène des isolats de *B. theobromae*, *F. solani*, *F. moniliforme* et *S. rolfsii* sur des tubercules sains de Colocasa, variété Coco-India, et de *Xanthosoma*, variété Ede-Ocha, que nous avons inoculés avec des cultures de ces fongus, séparément et à l'état combiné. L'inoculation a été effectuée à l'aide desdites cultures âgées de 3 semaines. Chaque plaquette de culture était divisée en segments égaux de façon à recevoir une même quantité d'inoculum, et chacun des segments était censé recevoir la même quantité de propagule infectieuse. Les tubercules inoculés ont été mis en incubation pendant 14 jours à 27–28 °C. Chacun a été sectionné par moitiés, longitudinalement et la section infectée a été calculée par deux mesures diamétrales dont a relevé la moyenne. La moyenne des mesures des trois tubercules a été retenue comme étant la quantité de pourriture obtenue de chacun des traitements. On a noté préalablement les types de pourriture présents.

Résultats

Comme premiers symptômes de la pourriture des racines dans le champ on a observé un enroulement vers la haut des marges foliaires, le pâlissement des feuilles et un ralentissement général du développement. Avec le progrès de la maladie, les feuilles pâlissent et tournent au vert jaunâtre, tandis que les limbes continuent à s'enrouler vers l'intérieur. Chez certaines espèces de taros à limbes aux veines proéminentes, comme Okorokoro et Ede-Ocha (sp. *Xanthosoma*), le jaunissement s'accélère entre les veines. Les tissus foliaires chlorotiques se nécrosent bientôt et les parties sèches se détachent facilement au vent, la plante attaquée prenant un aspect déchiqueté. La chlorose et la nécrose progressent généralement vers l'intérieur jusqu'à la queue de la feuille et celle-ci, une fois totalement infectée, se recroqueville et meurt. Les feuilles mortes restent parfois dressées durant quelques jours avant de se rabattre. Les organes aériens de la plante dépérissent 4 à 6 semaines avant la maturité normale des tubercules et donnent au champ l'aspect d'une récolte fortement infectée dès la mi-saison.

L'infection des racines est apparue au début de la croissance des plants, mais la tige aérienne n'a montré de symptômes que beaucoup plus tard. Ces symptômes ont la forme de lésions brunâtres sur les racines charnues, encerclant parfois celles-ci et provoquant la chute des extrémités distales. Dans certains cas de présence de *S. rolfsii*, le mycélium blanc du fongus s'étend à presque toutes les racines. Dans les infections très graves, la plupart des racines primitives pourrissent mais sont remplacées par des nouvelles qui prennent naissance un peu au-dessus de la zone infectée. Chez les plants gravement atteints, 80 à 85 % des racines pourrissent et quelques racines nouvelles seulement les maintiennent en vie. L'une des caractéristiques des plants de taro fort malades est la facilité avec laquelle ils s'arrachent du sol. Dans les champs les plus infectés, la récolte de tubercules est maigre et ces derniers sont de très faibles dimensions.

Les quatre fongus pathogènes transmis par le sol et régulièrement isolés dans les tissus des tubercules

récoltés ont été les suivants : *B. theobromae*, *F. solani*, *F. moniliforme* et *S. rolfsii*. *B. theobromae*, *F. solani* et *F. moniliforme* n'ont pas été isolés, de façon générale, des squames de feuilles mortes ni des débris végétaux adhérant aux tubercules, mais *S. rolfsii* l'a été. Tous les isolats fongiques inoculés à Ede-Ocha et à Coco-India ont été reconnus comme pathogènes. Chaque organisme, à l'état isolé ou en combinaison, a provoqué la pourriture. En règle générale, le cultivar Coco-India a été plus sérieusement affecté que Ede-Ocha (Tableau 1). L'inoculation en mélange de *B. theobromae* et *F. moniliforme* produit moins de pourriture que ces deux mêmes organismes agissant isolément ; par contre, lorsqu'on a inoculé à Coco-India des cultures des deux espèces de *Fusarium* (*F. solani* et *F. moniliforme*) ces deux organismes ensemble ont causé plus de pourriture que le total produit par chacun d'eux, séparément. Le maximum a été atteint par l'interaction de tous les fongus. Les pathogènes ont produit des formes caractéristiques et bien distinctes de pourriture, au commencement de l'infection. Ces caractéristiques particulières disparaissaient cependant lorsque les divers fongus agissaient en association.

Au début de l'infection causée par *B. theobromae*, les tissus malades étaient pâles et mous ; progressivement la couleur se modifiait et tournait au brun foncé. La zone malade facilement reconnaissable prenait l'aspect d'une couche foncée formée de tissus nécrosés fortement mélanisés et fermes. Plus tard, ces tissus devenaient noirâtres, spongieux et d'une odeur fétide.

Les pourritures causées aux taros par les deux espèces de *Fusarium* sont généralement molles ; aux premiers stades, cependant, celle de *F. moniliforme* se distinguait aisément du gris bleuâtre de la pourriture de *F. solani*, par sa couleur d'une blanc crème sale. Il n'y avait pas de zones d'infection bien définies. Les tissus dégageaient également une odeur putride aux derniers stades de l'infection.

La pourriture brune des tubercules et bulbilles des taros est causée par *S. rolfsii*. Contrairement aux autres types, que les fongus inoculés commencent presque aussitôt à répandre en profondeur dans les tissus, la pourriture sclérotale à ses débuts se manifeste par la formation et le développement rapides du mycelium à la surface des bulbilles. Ces dernières deviennent molles aux points d'inoculation et, à mesure que l'amollissement s'étend, la couleur évolue du brun pâle au brun foncé. À ce stade les tissus infectés deviennent aqueux, mous et spongieux laissant suinter une matière visqueuse et fétide par le point d'inoculation. Plus tard encore, les fongus forment des sclérotes brun foncé à la surface des bulbilles malades.

Discussion

Mon étude a fait ressortir que quatre fongus transmis par le sol sont associés de façon constante au pourridié des racines et à la pourriture du taro entreposé, au Nigéria. Ce sont *B. theobromae*, *F. solani*, *F. moniliforme* et *S. rolfsii*. Ces constatations concordent en partie avec les rapports de Gollifer et Booth (1973b) qui ont isolé *F. solani*. *S. rolfsii* et *B. theobromae* de tubercules conservés aux Îles Salomon. D'autres confirmations nous viennent de Jackson et Gollifer (1975) et de D'souza et Moniz (1968) qui ont isolé, respectivement *B. theobromae* et *F. solani* de tubercules pourris. La seule diffé-

Tableau 1. Étude comparative du potentiel pathogène des isolats fongiques.

	Pourriture totale causée par chaque traitement (mm)		
	Xanthosoma c.v. Ede-Ocha	*Colocasia* c.v. Coco-India	Moyenne
B. theobromae seul	21	54	37,5
F. solani seul	26	39	32,5
F. moniliforme seul	29	29	29,0
S. rolfsii seul	23	76	49,5
B. theobromae + *F. solani*	35	53	44,0
B. theobromae + *S. rolfsii*	27	56	41,5
B. theobromae + *F. moniliforme*	20	26	23,0
F. solani + *F. moniliforme*	31	73	52,0
F. solani + *S. rolfsii*	32	73	52,5
F. moniliforme + *S. rolfsii*	33	71	52,0
F. solani + *F. moniliforme* + *S. rolfsii*	39	80	59,5
Témoin	0	0	
Moyenne	27,07		25,54

rence entre leurs observations et les miennes est que mon étude met en cause *F. moniliforme*, outre les trois autres espèces, dans la pourriture des racines de taro entreposées au Nigéria.

Les symptômes généraux de cette maladie relevées dans les champs permettent de croire à un phénomène d'obstruction du mécanisme d'absorption de l'eau et des minéraux par les racines de la plante. La destruction du système radiculaire a parfois atteint 80 à 85 % chez les plants fortement atteints. Des dommages de cette importance ne pourraient que réduire notablement les propriétés absorptives des racines et causer un état débilitant dont tout le plant se ressentira. La pourriture prononcée des racines conjuguée à la chlorose des feuilles réduirait infailliblement l'aptitude des plants attaqués à assimiler les éléments nutritifs du sol, et leur capacité normale de photosynthèse. C'est ce qui explique probablement la faible production de bulbilles, la dimension réduite des tubercules et la pauvreté générale de la récolte qu'on obtient des plants de *Colocasia* et de *Xanthosoma* infectés. L'isolement réussi de ces quatre organismes des tissus internes et externes des tubercules a de sérieuses implications épidémiologiques. On peut croire en effet que la propagation de ces fongus s'effectue par l'intermédiaire des semenceaux. Il en ressort en outre que la source probable de l'inoculation de la pourriture des racines en entrepôt est à trouver dans les tubercules et les bulbilles contaminés, récoltés dans les champs. Bien que tous les isolats fongiques aient été pathogènes, tant pour *Colocasia* que pour *Xanthosoma*, c'est le premier qui en a été le plus sérieusement affecté (cultivar de Coco-India). Cette constatation concorde avec l'opinion prédominante chez de nombreux producteurs de taro du Nigéria que le Coco-India est plus périssable durant sa conservation que *Xanthosoma*. L'étude comparative du potentiel pathogène des isolats fongiques a démontré que chacun des organismes peut causer la pourriture, seul ou en association avec les autres. Elle concorde avec les observations de Gollifer et Booth (1973a) voulant que *B. theobromae*, seul ou avec *F. solani* soit la cause d'une sorte de pourriture spongieuse. Mes propres observations touchant les changements de couleur constatés durant le pourrissement des tubercules sont caractéristiques de la pourriture provoquée par ces mêmes organismes, et conformes aux rapports d'autres chercheurs : Gollifer et Booth (1972) et Wright (1940). On a relevé des interactions pathogènes lorsque deux ou plusieurs organismes étaient inoculés simultanément. C'est ainsi que dans l'inoculation de Coco-India, le degré de pourrissement enregistré lorsqu'un ou plusieurs fongus réagissaient avec *S. rolfsii* était généralement inférieur à celui obtenu par ce dernier seul. Dans toutes les inoculations de Coco-India où *S. rolfsii* intervenait en association avec d'autres fongus, son activité a été sensiblement moindre que s'il avait agi seul (Tableau 1). Cette observation révèle peut-être l'existence d'une sorte d'antagonisme entre ces fongus, qui permettrait à certains d'entre eux de prendre l'avantage sur *S. rolfsii*. On n'a pas relevé de phénomène de ce genre lors de l'inoculation du cultivar Ede-Ocha. L'inoculation des deux espèces : *Fusarium, solani* et *F. moniliforme* a produit un pourrissement supérieur à la somme des pourritures provoquées par chacun des deux organismes séparés. Cette constatation indique pour ces deux espèces une interaction synergique qui provoque la pourriture du taro. Je suis d'avis qu'il existe au Nigéria trois sortes de pourritures du taro : la pourriture noire, la pourriture fusarienne et la pourriture sclérotale. Cette classification concorde dans les grandes lignes avec celle de Wright (1940) qui mentionnait la pourriture sèche, la pourriture spongieuse noire et la pourriture sclérotale. Selon moi, le fait qu'une pourriture soit sèche ou non dépend avant tout de l'environnement : présence ou absence d'humidité à l'état libre, et âge de l'infection. La remarque de Gollifer et Booth (1973a), que la pourriture spongieuse causée par *F. solani* devient parfois sèche et pulvérulente, confirme de façon générale cette opinion.

Conclusion

B. theobromae, F. solani, F. moniliforme et *S. rolfsii* sont les causes les plus constantes de la pourriture des racines et des tubercules, au Nigéria. Chacun de ces organismes est à l'origine d'une pourriture particulière, d'une coloration différente. Ils peuvent agir synergiquement. Les symptômes d'une infection des racines sont la chlorose et le dépérissement des feuilles et la nécrose prématurée de parties sériées de racines, résultant en un rendement inférieur de bulbilles et des tubercules de grosseur réduite.

La pourriture fongique des taros en entreposage, au Nigéria

J.N.C. Maduewesi et Rose C.I. Onyike

Département de botanique, Université du Nigéria, Nsukka (Nigéria)

Recherche à Nsukka sur la pourriture des bulbilles de taros en cours de stockage. On a découvert l'agent responsable de cette situation : il s'agit d'un champignon qui a pu être isolé et analysé en fonction de sa nature pathogène. La pourriture se développe sur les lésions des tubercules, surtout celles causées par le détachement des bulbilles de la racine mère. *Fusarium solani*, *Botryodiplodia theobromae*, *Sclerotium rolfsii* et *Rhizopus stolonifer* ont été isolés des tubercules attaqués et injectés à des tubercules sains où ils ont déclenché le phénomène de la pourriture. Sur ces racines inoculées, l'agent pathogène a été de nouveau isolé. La température exerce une influence sur le développement de cette maladie. *F. solani*, *B. theobromae* et *S. rolfsii* étant plus actifs à 25 °C.

Cocoyam cormels kept in storage barns at Nsukka were examined for rot development. The origin of rot was investigated, and the fungi associated with it were isolated and tested for pathogenicity on cocoyams. Rot initiation occurred mostly from wounds, especially those produced as a result of detachment of cormels from mother corms. *Fusarium solani*, *Botryodiplodia theobromae*, *Sclerotium rolfsii*, and *Rhizopus stolonifer* were isolated from the rotting tissue, and inoculation of cormels with each of these fungi resulted in development of rot symptoms. Each of the fungi was consistently reisolated from the rotting tissue arising from inoculation. Rot development was influenced by temperature, the optimum being around 25 °C for rots caused by *F. solani*, *B. theobromae*, and *S. rolfsii*.

Les taros — *Xanthosoma sagittifolium*, *Colocasia esculenta* et *C. antiquorum* — sont des plantes vivrières en honneur dans les régions tropicales et subtropicales du globe. Leur consommation est généralement limitée aux populations locales pour lesquelles elles constituent une récolte de subsistance importante. Leurs tubercules fournissent une fécule aisément digestible contenant en bonnes proportions des protéines, de la vitamine C, de la thiamine, de la riboflavine et de la niacine (Cobley et Steele, 1976).

Le pourrissement des taros pendant leur conservation est un sérieux obstacle au rendement et à la qualité des tubercules destinés à la consommation humaine et à la plantation de la prochaine récolte. Dans les Iles Salomon, Gollifer et Booth (1973a) ont observé que les tubercules de *C. esculenta* pourrissaient et devenaient impropres à la consommation après une ou deux semaines d'entreposage. Jackson et Gollifer ont rapporté (1975) que cette pourriture se déclarait parfois dès la récolte terminée et se généralisait dans les 5 jours suivants.

Cet état est causé par certains microorganismes fongiques et bactériens. Harter (1916) énumérait parmi ceux dont on avait relevé la présence aux É.-U. sp. *Diplodia*, *Fusarium solani*, *Sclerotium rolfsii* et *Erwinia carotovora*. Burton (1970) a signalé sp. *Botrytis*, spp *Fusarium*, sp. *Rhizoctonia* et *Roselinia bunodes* comme les agents pathogènes responsables de la pourriture du taro, au marché de Chicago. En Inde, la pourriture des racines des tubercules de *C. antiquorum* a été imputée à *Botryodiplodia theobromae* (D'Souza et Moniz, 1968), tandis qu'en Égypte le principal organisme responsable était identifi comme étant *F. solani* (Michail et alii, 1969). Aux Iles Salomon, la cause du pourrissement des tubercules de *C. esculenta* entreposés a été attribuée à *F. solani*, *B. theobromae* et *S. rolfsii* (Gollifer et Booth, 1973a). Des études ultérieures concernant la même région (Jackson et Gollifer, 1975) ont cependant démontré que les principaux fongus responsables de la pourriture à ses débuts étaient *Phytophthora colocasiae* et *Phythium splendens*. On a rapporté également une pourriture molle des tubercules de *C. esculenta* stockés dans des fosses, qui serait d'origine bactérienne et due à *Erwinia chrysanthemi* (Jackson et Gollifer, 1975).

Les taros constituent une importante ressource alimentaire au Nigéria, en particulier dans les régions sud, où leur culture est largement répandue et sert à la consommation locale. La récolte a lieu le plus souvent en décembre et janvier. Les tubercules sont conservés pour la nourriture et pour servir de

plants à la récolte suivante, soit en mai et juin. La période de conservation est habituellement marquée par de nombreux cas de pourrissement, dont les éléments responsables restent encore peu connus. Ogundana (1976) a rapporté comme causes de la pourriture de *X. sagittifolium*, *F. moniliforme* et *F. solani*, avec *S. rolfsii* et *Trichoderma hamatum* agissant comme pathogènes faibles. Cependant, cette opinion n'a pas été corroborée par d'autres chercheurs, au Nigéria. De plus, on est mal renseigné sur les microorganismes responsables de la pourriture de *C. esculenta* pendant sa conservation. Récemment, à Nsukka, on a étudié la pourriture fongique de *C. esculenta* et *X. sagittifolium* entreposés et cet exposé vise à résumer les observations recueillies. Un abrégé de certaines constatations a été publié ailleurs (Maduewesi, 1978).

Matériels et méthodes

Nous nous sommes procuré pour cette étude des taros frais — *X. sagittifolium*, variété Nsukka, et *C. esculenta*, variété Ugwuta — provenant du marché de Nsukka. Les bulbilles détachées des deux cultivars ont été entassées sur le plancher d'un hangar au jardin botanique de l'Université du Nigéria et ont été examinées chaque semaine pendant 10 semaines (janvier à mars) pour suivre le développement de la pourriture. L'expérience s'est renouvelée pendant 12 à 16 semaines, de janvier à avril, deux années successivement. Les bulbilles présentant les signes d'un début de pourriture étaient retirées et sectionnées longitudinalement à travers la partie infectée. Elles étaient ensuite étudiées avec soin afin de découvrir les origines de l'infection et d'en noter les symptômes. Les mêmes mesures s'appliquaient aux bulbilles en état avancé de pourrissement.

Isolement des fongus

Des petites sections de tissus des tubercules, comprenant la marge croissante de pourriture et les tissus sains adjacents, ont été stérilisées en surface d'abord par immersion dans une solution de chlorure mercurique à 0,9 %, pendant 1 minute, et rincées ensuite deux fois dans de l'eau distillée stérile. On les a ensuite cultivées sur agar aqueux (AA) et mises en incubation à 25 °C, pendant 3 jours, dans un incubateur réfrigéré à l'abri de la lumière. Le mycélium formé sur les sections de tissus a été transféré sur agar de dextrose de pomme de terre (ADPT). Plusieurs transferts du mycélium de AA sur ADPT, et inversement, ont été effectués jusqu'à obtention de cultures pures des fongus isolés, ces derniers étant ensuite identifiés.

Inoculation des taros

Nous avons choisi parmi une nombreuse collection des bulbilles saines de grosseur moyenne, uniformes et exemptes de meurtrissures. Elles ont été nettoyées, stérilisées superficiellement pendant 5 minutes dans une solution de Chlorox à 5 %, en prenant soin d'éviter les risques de lésions en les manipulant.

Pour tester les propriétés pathogènes des fongus isolés, nous les avons cultivés sur ADPT dans des boîtes de Petri et avons utilisé le mycélium qui s'est formé pour inoculer les taros. L'inoculum était sous forme de disques de mycélium de 4 mm de diamètre découpés à la périphérie des cultures fongiques en pleine activité. La méthode d'inoculation aux taros était celle déjà décrite pour l'inoculation de l'igname (Adeniji, 1970). Un disque de culture fongique était placé dans le trou percé dans les tissus du taro par l'extraction de la partie centrale à l'aide d'un perce-bouchon stérile de 5 mm. La carotte ainsi extraite était coupée en deux, et les deux moitiés replacées dans le trou, formant bouchons aux deux extrémités. Ces dernières ont ensuite été scellées avec du ruban de cellophane. Comme témoins, on a utilisé des disques d'ADPT de 4 mm de diamètre. Chaque fongus a inoculé 10 taros.

Les taros inoculés ont été placés sur une plate-forme surélevée dans le hangar où ils ont passé 9 jours à la température de 28 °C, ± 2 degrés. On les a ensuite coupés perpendiculairement aux trous pratiqués pour introduire l'inoculum, afin d'apprécier le développement de l'infection. La croissance linéaire de la pourriture a été mesurée sur deux rayons perpendiculaires l'un à l'autre de la zone de pourrissement, dont on a ensuite enregistré la moyenne. L'expérience a été renouvelée trois fois.

Nouvelle isolation et inoculation des fongus

À l'aide d'un scalpel passé à la flamme, nous avons découpé de petites sections des zones pourries adjacentes à des tissus sains et les avons cultivées sur agar aqueux dans des boîtes de Petri. Nous avons transféré les moisissures qui se sont formées sur ADPT et les avons comparées plus tard aux fongus isolés précédemment sur les taros infectés.

Pour observer le développement chronologique de la pourriture sur les taros entreposés, nous avons choisi des bulbilles que nous avons stérilisées superficiellement et inoculé ensuite avec l'un des fongus isolés. Les bulbilles ont alors été placées sur une plate-forme surélevée dans le hangar. À intervalles de 2 jours pendant les 16 jours suivants, cinq taros inoculés ont été choisis au hasard dans chaque série inoculée avec les différents fongus, pour mesurer la progression du pourrissement. Pour découvrir le rôle

de la température dans cette progression, nous avons incubé des taros inoculés pendant sept jours à des températures de 10, 15, 20, 25, 30 et 35 °C dans des incubateurs réfrigérés et sans éclairage. Au terme des 7 jours on mesurait la croissance du pourrissement. L'expérience a été renouvelée à trois reprises.

Résultats

Les diverses pourritures du taro entreposé (*C. esculenta*) ont débuté pour la plupart par des lésions causées par le décollement des bulbilles du tubercule mère, des meurtrissures au moment de la récolte, ou d'autres genres de blessures. Des 1 652 cas de pourriture observés au premier stade de développement, 1 027 (62,2 %) ont débuté à la base des bulbilles, c'est-à-dire aux extrémités précédemment reliées aux tubercules mères, 499 cas (30,2 %) provenaient de lésions superficielles, 81 (4,9 %) des collets, et 15 (0,9 %) de galles causées par les nématodes. Dans 30 cas (1,8 %) l'origine de la pourriture est restée indéterminée.

Symptômes de la pourriture

Les cas de pourritures ont été observés à divers stades de leur développement sur les taros (*C. esculenta* et *X. sagittifolium*) entreposés. Ils étaient de deux types principaux : pourriture sèche et pourriture humide. Dans le premier cas, les tissus infectés étaient secs, fermes ou coagulés ; dans le deuxième ils étaient mous et, fréquemment, humides. Au cours de l'infection la couleur des tissus se modifiait progressivement, passant du blanc crème à divers tons de brun ou de gris et, finalement, de brun foncé ou de gris-bleu. Occasionnellement, on a relevé la formation de structures fongiques de mycélium blanc ou de sclérotes bruns s'étendant sur la surface des taros atteints de pourriture.

Les fongus

Les fongus isolés des taros infectés ont été identifiés comme étant : *F. solani*, *B. theobromae*, *S. rolfsii*, stade de *Corticium rolfsii*, et *R. stolonifer*. On a couramment obtenu des isolats de *F. solani* et de *B. theobromae* des pourritures sèches de *C. esculenta* et de *X. sagittifolium*, mais de façon occasionnelle seulement des pourritures humides de ces deux espèces. Les isolats de *S. rolfsii* ont été fréquents dans les pourritures molles des deux espèces de taro, tandis que *R. stolonifer* n'a été isolé que de la pourriture molle de *C. esculenta*.

Le caractère pathogène de ces divers fongus à l'égard des taros a été démontré. Chacun d'eux a provoqué la pourriture des bulbilles chez les deux espèces après leur inoculation. Chaque fongus a également été isolé à nouveau des tissus infectés. On a observé une pourriture molle, aqueuse, allant du blanc sale au brun foncé sur des taros inoculés avec *S. rolfsii*. Ceux que l'on avait inoculés avec *F. solani* ou *R. stolonifer* ont produit des pourritures brunâtres, et *B. theobromae* des pourritures gris-bleu.

Les symptômes de pourriture sont apparus sur les bulbilles dès le 4e jour après l'inoculation et leur séjour dans le hangar, mais leur progression s'est nettement accentuée avec le temps (Fig. 1 et 2).

Le pourrissement des bulbilles de *X. sagittifolium* inoculées avec *S. rolfsii*, *F. solani* ou *B. theobromae*, après 7 jours d'incubation a atteint son maximum à 25 °C (Fig. 3). On a observé un thalle mycélien de *S. rolfsii* sur les taros inoculés avec cet organisme et incubés pendant 7 jours à 20 °C.

Discussion

Il ressort de cette étude que *F. solani*, *B. theobromae*, *S. rolfsii* et *R. stolonifer* causent la pourriture de *C. esculenta* et de *X. sagittifolium* entreposés, au Nigéria. Auparavant, seuls *F. solani* et *S. rolfsii* parmi les pathogènes fongiques étaient reconnus comme responsables de la pourriture de *X. sagittifolium* (Ogundana 1976). Des rapports d'autres pays ont cependant inculpé également *F. solani*, *B. theobromae* et *S. rolfsii* des mêmes méfaits sur les taros

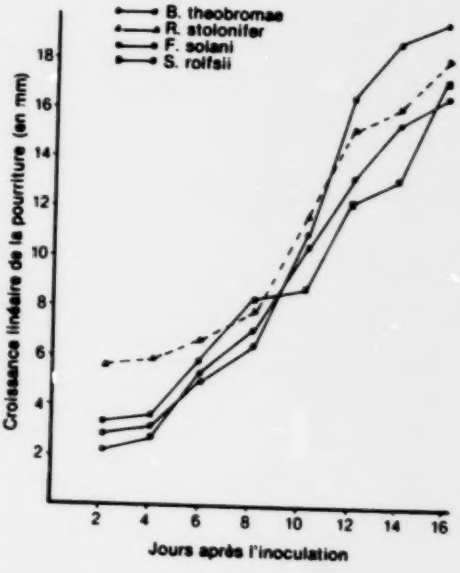


Fig. 1. *Évolution chronologique de la pourriture chez* C. esculenta *inoculée avec quatre fongus.*

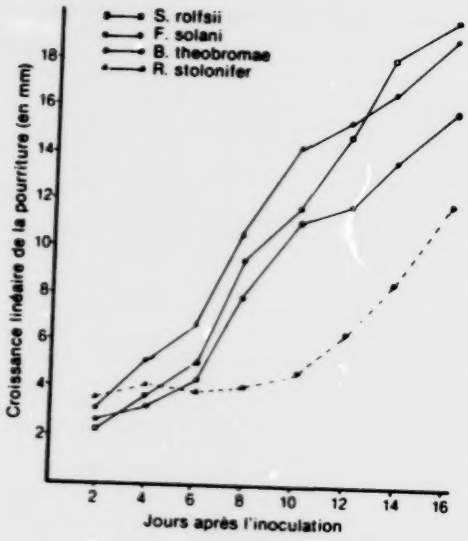


Fig. 2. *Évolution chronologique de la pourriture chez* X. sagittifolium *inoculé avec quatre fongus.*

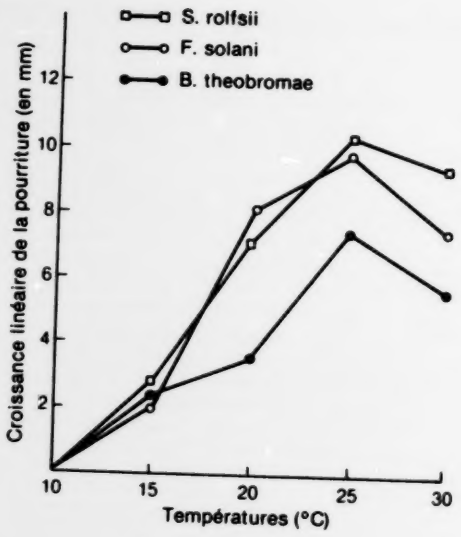


Fig. 3. *Effets de la température sur la progression de la pourriture chez* X. sagittifolium *inoculé avec trois fongus.*

entreposés (Gollifer et Booth, 1973a,b ; Harter, 1976 ; Jackson et Gollifer, 1975). On a impliqué une espèce non identifiée de *Rhizopus* comme agent causatif de la pourriture chez *X. sagittifolium* (Burton, 1970), mais il semble que notre propre rapport soit le premier à dénoncer *R. stolonifer* comme un des agents du pourrissement de *C. esculenta*.

Les résultats de nos études indiquent que le pourrissement des bulbilles détachées du taro, pendant leur conservation, commence et se développe surtout à partir de leur base et des endroits meurtris. Comme ce détachement des bulbilles du plant mère occasionne une blessure bien distincte, nous en concluons que les pathogènes des diverses pourritures en entreposage sont avant tout des parasites des lésions. D'autres chercheurs avant nous (Gollifer et Booth, 1973a ; Harter, 1916 ; Ogundana, 1976) sont parvenus à la même conclusion d'après leurs propres observations. Il s'ensuit que l'on pourrait réduire sensiblement le pourrissement des taros en cours de stockage si l'on évitait les lésions au moment de la récolte et après celle-ci.

La température influence le développement de pourritures. Nos résultats révèlent que la température la plus favorable est d'environ 25 °C pour les pourritures causées par *S. rolfsii*, *B. theobromae* et *F. solani* à *C. esculenta*. On n'a pas relevé de pourriture à 10 °C et peu à 15 °C. Ogundana (1976) a rapporté comme températures optimales 26 à 30 °C pour le développement de la pourriture de *X. sagittifolium* causée par *F. solani* et *F. moniliforme*. Burton (1970) place ces limites entre 22 et 29 °C pour les pathogènes de la pourriture des taros. Il en ressort que l'on pourrait réduire énormément le pourrissement imputable à *F. solani*, *B. theobromae* et *S. rolfsii* en conservant les tubercules du taro à des températures de 10 à 15 °C, qui ne favorisent pas la prolifération des moisissures.

Nos remerciements au Directeur et au personnel du Commonwealth Mycological Institute qui ont identifié les espèces de fongus dont il est question dans cet exposé. Nous remercions aussi le Comité des subventions à la recherche, du Sénat de l'Université du Nigéria, pour son soutien financier.

UNE MALADIE DU TARO, AU NIGÉRIA, CAUSÉE PAR LE *CORTICIUM ROLFSII*

O.B. ARENE ET E.U. OKPALA

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR LES PLANTES-RACINES, UMUDIKE, UMUAHIA (NIGÉRIA) ET DÉPARTEMENT DES CULTURES VIVRIÈRES, UNIVERSITÉ DU NIGÉRIA, NSUKKA (NIGÉRIA)

C. rolfsii est une maladie du taro très répandue depuis 1954 dans les zones des forêts humides du Nigéria. Elle se manifeste par la chute soudaine du pétiole externe qui se détache de la base, les tissus ayant été attaqués par le pathogène. Les tubercules infestés sont caséeux et le périderme couvert d'une croûte de blanc de champignons. Les pertes peuvent s'élever jusqu'à 90 % de la récolte. Le paillage ainsi que la production du maïs en culture pure peuvent réduire la contamination du sol. Le buttage peut également limiter la contamination mais les plants trop rapprochés la favorisent. La plantation en profondeur est une mesure de lutte efficace qui favorise également la croissance des tubercules. Une attaque sévère dans le champ est un risque de pourriture plus grand pour les tubercules stockés et de plus, elle réduit la germination. Le stockage de *Xanthosoma sagittifolium* sur des billons et à l'air libre et de *Colocasia esculenta* dans des fosses de terre ou des paniers, cendrés et couverts d'écorce fraîche et de plantain, protègent les tubercules de la pourriture. Les caractères de résistance et de rendement diffèrent d'une variété à l'autre.

In the rain-forest zone of Nigeria, *Corticium rolfsii* disease of cocoyam is widespread and has been well known since 1954. The field symptom is sudden collapse of the outer petiole from the base due to the maceration of the tissues by the pathogen. Infected corm exhibits cheesy rot and the periderm is encrusted with the fungal mycelial mat. Yield losses could be up to 90%. Soil inoculum is reduced by grass mulch and monocrops of maize. Farmers may reduce disease by hilling but enhance it by narrow spacing. Planting deep reduces field rot and increases corm yield. Increased disease severity in the field increases storage rot and reduces sprouting. Storage of *Xanthosoma sagittifolium* on uncovered raised rafters and *Colocasia esculenta* in soil pits or baskets ashed and covered with fresh pieces of plantain trunk reduces corm rot. Varietal differences exist for resistance and yield.

Les taros, essentiellement *Colocasia esculenta* et *Xanthosoma sagittifolium*, ainsi que l'igname (spp. *Dioscorea*), le manioc et la patate douce (*Ipomoea batatas*) sont les plantes-racines et tubéreuses qui fournissent aux populations du Nigéria la majeure partie des hydrates de carbone qu'elles consomment. En 1975–1976, le pays a produit 1,0856 Mt de taros, mais on estimait, dès 1972, que la production devrait augmenter au taux annuel composé de 3,5 % pour répondre à la demande de 1985 (Olayide et alii, 1972). Cependant, depuis 1974, il apparaît que la production du taro au Nigéria a été constamment en diminuant (Bureau fédéral de statistiques, 1978).

L'appréciation des difficultés rencontrées par les producteurs de taro donne lieu de croire qu'elles ne proviennent pas tellement d'une baisse de la demande que des pertes constantes imputables aux maladies de la récolte et à la détérioration en cours de stockage. Un déchet de 50 % ou plus, en entreposage, est chose courante. La cause en est certains microorganismes comme le *Sclerotium rolfsii*, stade imparfait du *Corticium rolfsii* (Ogundana, 1976 ; INRPR, 1975, 1976).

On connaissait déjà l'existence de cette maladie au Ghana (Doku, 1967) et dans le bassin du Pacifique (Fajardo et Mendoza, 1935 ; Parris, 1941 ; Dambleton, 1954 ; Trujillo, 1967). Dans aucun des pays affectés, cependant, on n'a décrit, jusqu'à présent, le syndrome de la maladie dans les champs. Une série de fongicides se sont révélés inefficaces comme préventifs de la pourriture des tubercules provoquée par le pathogène (Jackson et Gollifer, 1975).

On pratique, avec divers degrés de succès, plusieurs méthodes d'entreposage pour prévenir le pourrissement des tubercules. Aux Iles Salomon et en Polynésie, on les conserve dans des fosses (Gollifer · t Booth, 1973a). Au Nigéria, on utilise soit des fosses, soit des claies, ou bien on entasse les tubercules sur le sol d'une grange et on les recouvre. On ne possède pas de relevé quantitatif des effets des procédés de conservation indigènes.

Cet exposé constitue un aperçu des études effectuées jusqu'à ce jour sur la maladie causée à la récolte par *C. rolfsii*, et des mesures à envisager pour la combattre dans les champs et en entrepôt.

C'est en 1925, au Ghana, que Dade a observé pour la première fois le thalle mycélien de *S. rolfsii*, stade imparfait de *C. rolfsii*, sur des taros pourrissants (Doku, 1967). Jusque-là, on attribuait cet état à une maladie inconnue (Posnette, 1945). En 1966, *S. rolfsii* a été rapporté comme un pathogène de la pourriture des tubercules de *C. esculenta*, variété Antiquorum, au Nigéria (Bailey, 1966). Aux Îles Fidji, à Hawaii, et aux Philippines, il avait également provoqué la pourriture des tubercules récoltés (Trujillo, 1967). *X. sagittifolium* a été inclus parmi les hôtes du pathogène, au Nigéria, lorsqu'on a fait l'essai sur les récoltes de 109 hôtes possibles de *S. rolfsii* isolé au niébé (Maduewesi, 1975). Cependant, notre enquête sur l'incidence de la maladie au Nigéria a révélé que, dès 1954, on connaissait celle-ci à Ishan-Ekpoma, dans la région d'Etsako de l'État de Bendel, où l'on avait relevé ses symptômes dans le champ et en entreposage sur *X. sagittifolium* et sur *C. esculenta* (Tableau 1). En 1955, les mêmes symptômes ont été observés dans la région de Bori de l'État de Rivers, chez les deux mêmes espèces. Et dès 1960, on en faisait autant dans les États d'Anambra, Imo et Cross River. Toutes ces informations précédaient celles de Bailey, en 1966.

Dans la plupart des régions où la maladie a été découverte, celle-ci porte un nom local très descriptif, tel que Ule Ede (Ibo), Ule Akasi (Ika Ibo), Oria Ede (Ibo), Bokulu (Yenagoa) et U-togah (Seri) qui signifient tous pourriture ou brûlure du taro. Cette terminologie diverse montre bien que les cultivateurs nigérians connaissaient depuis longtemps la maladie et ses conséquences économiques.

Distribution géographique

La maladie est particulièrement répandue dans la zone des forêts humides du pays, qui s'étend de Lagos, dans l'Ouest, et sur l'autre rive du Niger jusqu'à l'État de Cross River. On la rencontre également dans les zones de transition, au nord de la forêt humide et de la savane guinéenne, et au sud de la forêt humide et de la forêt paludéenne. Ces régions connaissent des températures de 22 °C et 30 °C et des précipitations annuelles d'environ 200 cm.

Higgins (1927) a suggéré que la propagation de *C. rolfsii* est fonction de certaines conditions de température. Ces conditions, minimales, idéales, et maximales, sont respectivement de 8, 30–35 et 40 °C pour l'élaboration du mycélium et sa pathogénie (Higgins, 1927). La longévité du mycélium augmente à l'air frais et sec, et à la température de 32 °C avec HR de 50 % et plus, il ne survit pas à plus d'un mois d'entreposage (Epps et alii, 1951). Il a été démontré également qu'à 50 °C, les sclérotes secs

Tableau 1. Fréquence de la maladie du taro, *Corticium rolfsii*, dans diverses régions administratives des États du Nigéria, 1979.[a]

État	Région administrative	Localité	Fréquence sp. *Xanthosoma*	Fréquence sp. *Colocasia*	Nom local de la maladie	Année de découverte
Anambra	Anambra	–	+ + + (CE)	-	–	1970
Anambra	Aguata	Nanka	-	+ + + (E)	« Ule Ede »	1965
Bendel	Ika	Agbor	-	+ (CE)	« Ure Akasi »	–
Bendel	Etsako	Ishan-Ekpoma	+ (C)	+ (CE)	–	1954
Benue	–	–	-	-	–	–
Imo	Obaji/Egbema/Oguta	–	-	+ + (CE)	–	1960
Imo	Isiala Ngwa	–	+ (CE)	+ (CE)	« Oria Ede »	1973
Imo	Umuahia/	Umuahia	+ + (CE)	+ + + (CE)	« Ogba Oku »	1972
	Igwuano	Umudike	+ + (CE)	+ + + (CE)	–	1967
Imo	Okigwe	Okigwe	-	+ + + (CE)	–	1967
Rivers	Yenagoa	–	+ + (CE)	+ + (CE)	« Bukolu » « Okire »	1977
Rivers	Bori	–	+ + + (CE)	+ + + (CE)	« U-togoh »	1975
Oyo	–	Ibadan	+ + (E)	+ + (E)		1972
Plateau	–	–	-	-	–	–
Niger	–	–	-	-	–	–
Kaduna	–	–	-	-	–	–
Cross River	–	Ikot-Ekpene	+ + + (CE)	+ + + (CE)	–	1964
Ogun	–	–	-	-	–	–

a) + + + = très largement répandue : + + = largement répandue : + = peu répandue : - pas observée : C = champs : E = entrepôt et CE = champs et entrepôt.

très résistants perdent leur activité après 80 minutes (Maduewesi, 1974). Il est donc évident que la maladie sera particulièrement répandue dans la zone forestière humide du pays où les températures annuelles, minimales et maximales, sont respectivement de 22 °C et 33 °C. Dans les régions de savanes, où la température maximale de 34 °C se maintient pendant la plus grande partie de l'année, les conditions sont donc moins favorables au pathogène. Dans ces régions, le peu d'ombre donné par les arbres peut également faire obstacle au développement de la maladie. Il n'est donc pas surprenant que celle-ci prédomine surtout dans la zone forestière humide où les conditions de températures et d'humidité favorisent ces propriétés pathogènes. Dans la forêt paludéenne, la pluviosité moyenne très élevée et l'humidité qui y règne ne sont pas des conditions idéales pour le développement du mycélium et de ses propriétés pathogènes.

Pathogénie

Le pathogène ne pénètre pas nécessairement la plante par des lésions. Il peut l'attaquer à travers des surfaces intactes (Tableau 2). L'infection initiale exige cependant un bon inoculum qui est fourni par le développement vigoureux d'un thalle de mycélium sur une base appropriée, telle que des morceaux de pétioles mûrs (Tableau 2). L'attaque peut survenir à n'importe quel stade de la végétation (Tableau 3). Toutefois elle est surtout fréquente chez les plants de taro âgés de 5 à 6 mois. Lorsque ces derniers sont attaqués très tôt, en particulier dès la plantation, les plantules peuvent périr aussitôt de moisissure. Cependant le pathogène s'en prend de préférence aux tissus adultes plutôt qu'à des tissus jeunes et en pleine croissance (Tableau 3). Le périssement des semis par moisissure, que l'on observe lorsque l'infection se produit à la plantation, est dû

Tableau 2. Nature infectieuse de différentes sources d'inoculum de *C. rolfsii* et leur interaction avec deux espèces de taros.[a]

	Plants infectés (%)		
	X. sagittifolium	*C. esculenta*	% moyen pour les deux espèces
Infection	26,25a	20,63a	
Sclérote	–	–	15,00a
Mycélium	–	–	10,63a
Cube d'inoculum	–	–	68,13b
Témoin	0,00a	0,00a	0,00a
Lésion	17,50a	35,00b	31,88a
Pas de lésion	12,50a	28,75ab	15,00a

a) Les moyennes non suivies de la même lettre sont différentes statistiquement au seuil de probabilité de 5 %.

Tableau 3. Nature infectieuse de *C. rolfsii* sur deux espèces de taros d'âge différent.[a]

Âge en mois	% moyen des deux espèces infectées	Plants infectés (%)	
		X. sagittifolium	*C. esculenta*
0	35,00ab	40,00ab	30,00b
1	17,00b	20,00c	15,00c
2	17,50b	25,00bc	10,00c
3	40,00a	40,00ab	40,00ab
4	40,00a	40,00ab	40,00ab
5	40,00a	50,00a	30,00b

a) Les moyennes non suivies de la même lettre sont différentes statistiquement, au seuil de probabilité de 5 %.

probablement à la destruction du semenceau et à la perte de l'énergie nécessaire à la germination ou à l'implantation.

Les symptômes marquant la récolte de taro sont très apparents. Le plus important est l'affaissement soudain d'un pétiole externe apparemment sain. Le pétiole présente souvent des bords basilaires effrangés révélateurs de la zone attaquée, invariablement sur les organes et les tissus plus âgés. Ces bords effrangés peuvent être accompagnés d'une pourriture humide, particulièrement en temps de pluie. La base du pétiole infecté est encroûtée d'un thalle blanc de mycélium fongique parsemé de sclérotes à différents stades de maturité. Mycélium et sclérotes peuvent rayonner de quelques centimètres sur la base du plant affecté et à l'extérieur, à la surface du sol. Ainsi, le pétiole affaissé, avec le mycélium rayonnant de l'extrémité proximale à l'extrémité distale, peut servir de voie de passage au pathogène pour sa propagation d'une récolte à l'autre dans le même champ (à courte distance) ou d'un champ à un autre (longue distance) par le transport de débris de terre ou de récolte. Les eaux pluviales ou les inondations peuvent également véhiculer le fongus à la surface du sol, d'un champ à l'autre.

En ce qui concerne les tubercules, les symptômes sont caractérisés par une pourriture caséeuse de la portion centrale de la chair, avec thalle de mycélium encroûtant la surface du périderme. Des sclérotes typiques du fongus peuvent apparaître sur le thalle par temps chaud et humide. Le pathogène peut donc être transporté par inadvertance sur le tubercule, du champ à un hangar où se développera ensuite la pourriture consécutive à la récolte.

Les recherches histopathologiques révèlent que le fongus attaque la récolte de taro sans pointe d'infection. Le thalle mycélien formant un coussin infectieux à l'endroit de l'infection, et la liquéfaction de cet endroit commencent par de minuscules lésions brunâtres imbibées d'eau. Ces dernières finissent par provoquer la macération et la pénétration des

hyphes dans les tissus, dans lesquels ceux-ci se développent de façon à la fois intracellulaire et intercellulaire. Sur une distance de 25 à 40 mm la décoloration aqueuse des tissus révèle la présence des premiers symptômes ; on ne remarque la formation du mycélium dans les tissus que de 25 à 35 mm. La liquéfaction des meilleurs tissus précède l'envahissement des hyphes, ce qui laisse croire que le fongus produit des substances macérantes exogènes. On a découvert que le fongus produit de l'acide oxalique et d'autres enzymes pour le métabolisme des hydrates de carbone, comme substances nécrotiques (Higgins, 1927 ; Weber, 1931 ; Johnson et Joham, 1954). Ce mode de parasitisme n'est pas unique à *C. rolfsii*. Il a été suggéré que divers parasites facultatifs sont en réalité des saprophytes qui ne se nourrissent de tissus qu'après les avoir détruits (Stockman et Harrar, 1957).

Il existe une tendance positive entre la gravité de la maladie et le rendement des deux cultivars de *X. sagittifolium* (Tableau 4). Les rendements sont les plus élevés lorsque le nombre des pétioles est lui-même le plus considérable et le contraire est également vrai. On n'observe aucune pourriture des tubercules dans le champ pour aucune des classes. La même tendance se retrouve chez les cultivars de *C. esculenta* (Tableau 4). Par contre, lorsque le nombre des pétioles diminue, la pourriture augmente dans le champ, chez les deux espèces. On constate une forte tendance négative entre la pourriture dans le champ et le rendement de chacun des cultivars de cette espèce. Ainsi, le groupe présentant le plus faible rendement est aussi le groupe le plus malade (le moins de pétioles présents). Il est donc raisonnable de classer le nombre des feuilles en catégories allant de saines à très gravement affectées et d'utiliser ce classement comme mesure de la virulence de la maladie. On s'est servi de l'écart normalisé et de la moyenne générale pour classifier la virulence (Doreste et alii, 1978). Comme le coefficient d'écart reproduit dans les tableaux indique des conditions d'uniformité dans le champ, la virulence de la maladie a été classée d'après le nombre moyen de feuilles (X) et l'écart normalisé (S) ; X + 2S correspond à très résistant (1) ; X + S à résistant (2) ; X à tolérant (3) ; X−S à sensible (4) et X−2S à très sensible (5). Ce classement servira à la sélection pour la résistance. Le seuil des pertes significatives se situe dans les classes 4 et 5 où l'on a noté qu'elles pouvaient atteindre 80 % pour *X. sagittifolium* et 50 à 60 % pour *C. esculenta*.

Gestion des cultures

L'on sait que les populations de *C. rolfsii* sont surtout nombreuses dans les terres franches sableuses et argileuses après une monoculture de taro, et les moins nombreuses dans les parcelles de maïs en monoculture (Arene, 1980) (Tableau 5). Dans ces deux types de sols, après une monoculture de taro fortement infecté par *S. rolfsii*, la maladie se révèle extrêmement virulente. Inversement, les populations de ces organismes étant peu nombreuses après une monoculture de maïs, la maladie y est aussi la moins virulente. Le type de sol n'affecte pas la virulence.

Les secrétions des racines dans la rhizosphère de certaines variétés de plantes cultivées résistantes servent souvent de support au développement d'organismes hostiles à *C. rolfsii* (Timonin, 1941 ; Lockhead et alii, 1940 ; Rovira, 1956 ; Anyanru, 1976 ; Buxton, 1957). Il se peut donc que le maïs, l'igname et l'*Eupatorium* qui résistent à *C. rolfsii* (Maduewesi, 1975) secrètent des substances favorisant le développement de ces ennemis du pathogène. Quelle que soit l'explication, le maïs, deux années de jachère d'*Eupatorium* et une culture d'igname réduiront le potentiel pathogène de l'inoculum de *C. rolfsii*, tandis qu'une récolte de taro ou de manioc le stimulera.

Tableau 4. Pétioles, rendement et pourriture dans le champ pour deux plantations de cultivars de *X. sagittifolium* (Ede Ocha et Ede Uhie) et de *C. esculenta* (Ede Ukwu et Ede India), classés d'après la virulence de l'infection par *C. rolfsii*.[a]

	Ede Ocha			Ede Uhie			Ede Ukwu			Ede India		
Sévérité	Pétioles	Rendements (kg)	Pourriture au champ (%)	Pétioles	Rendements (kg)	Pourriture au champ (%)	Pétioles	Rendements (kg)	Pourriture au champ (%)	Pétioles	Rendements (kg)	Pourriture au champ (%)
1	6,8a	2,06a	0	8,5a	2,21a	0	32,8a	1,59a	0a	35,3a	1,86a	0a
2	5,6a	0,92a	0	5,7b	1,54b	0	24,6b	1,18a	0a	24,0b	1,20b	0a
3	3,7b	0,78a	0	3,6c	0,95b	0	19,2b	0,90b	30,96b	18,0c	0,94bc	23,64a
4	3,1b	0,54ab	0	2,9c	0,52c	0	7,5c	0,84b	40,75b	9,0d	0,68c	57,41b
5	1,5c	0,37b	0	1,7d	0,22c	0	4,6c	0,34c	39,78b	9,5d	0,54c	40,75ab

a) Les moyennes dans une même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas statistiquement, au seuil de probabilité de 1 % ; les coefficients d'écart sont de 19,3 % pour Ede Ocha, de 16,3 % pour Ede Uhie, de 27,5 % pour Ede Ukwu et de 24,7 % pour Ede India.

Tableau 5. Présence de *C. rolfsii* dans des terres franches sableuses ou sablo-argileuses cultivées en monoculture, l'année précédente d'après le pourcentage d'infection d' «amorceurs ».[a]

Récolte précédente	Infection d' «amorceurs » (%)	
	Terre franche sableuse	Terre franche sablo-argileuse
Maïs	5,00	5,00
Taro	17,50	25,00
Igname	5,00	15,00
Manioc	7,50	15,00
Jachère (*Eupatorium*)	7,50	15,00

a) Moyenne de quatre répétitions. DMS au seuil de probabilité de 5 % est de 21,09.

Il sera donc opportun de choisir judicieusement les combinaisons de plantes et le modèle de rotation convenant aux divers sols, afin de réduire la fréquence de la maladie.

La gravité de la maladie causée par *C. rolfsii* diminue en présence de chaume, dans les terres franches sableuses ou argileuses (Tableau 6). Cette atténuation causée par une couche humifière n'a rien de particulier. La farine de luzerne réduit l'action de *S. rolfsii* en stimulant la désintégration des sclérotes (Johnson, 1953). Le feuillage du soja favorise la reproduction rapide d'organismes inoffensifs, alors que la fléole et le trèfle rouge n'ont pas d'effet similaire (Pollard, 1945). La paille d'avoine augmente les propagules du *Fusarium solani*, pathogène de la pourriture des fèves (Papavizas et alii, 1968).

Un rapport élevé de carbone : azote dans le sol restreint les propriétés infectieuses de *C. rolfsii* (Curl et alii, 1968) et on l'a associé à la décomposition lente des matières organiques du sol (Alexander, 1961 ; Black, 1968). Cette action dépend, entre autres facteurs, du contenu en lignine des matières.

Tableau 6. Virulence de la maladie de *C. rolfsii* chez *X. sagittifolium* (Ede Uhie) et *C. esculenta* (Ede Ukwu), telle qu'affectée par deux types de sols et de chaumes (les chiffres entre parenthèses s'appliquent aux témoins).

	Virulence de la maladie	
	Ede Uhie	Ede Ukwu
Terre franche sableuse	3,08 (3,25)	1,6 (2,00)
Herbe	2,50	1,25
Eupatorium	3,50	1,25
Terre franche sablo-argileuse	2,91 (2,75)	1,4 (1,75)
Herbe	2,75	1,00
Eupatorium	3,25	1,50

Nous avons observé que la décomposition du chaume d'herbe était beaucoup plus lente que celle de l'*Eupatorium*. Il est donc possible que le chaume d'herbe freine l'activité pathogène du fongus en augmentant le rapport C : N du sol. Cette lenteur de décomposition du chaume pourrait donc contribuer à atténuer la maladie.

L'incidence de la maladie est réduite aux écartements très étroits ou très larges des plants, mais sa virulence est plus marquée dans le premier cas (Tableau 7). La pourriture des tubercules dans le champ diminue, et le rendement augmente lorsque la plantation est profonde. On a expliqué ces observations en fonction de l'écologie du pathogène et de la morphologie de la plante cultivée (Arene, 1980). L'incidence réduite aux écartements étroits est peut-être attribuable au microclimat très humide qu'entretient l'épaisse voûte de feuillage ; aux écartements larges, elle est due, peut-être, à la déshydratation causée par l'exposition directe au soleil. L'on sait qu'une forte humidité et le dessèchement sont l'un et l'autre peu propices au développement de *C. rolfsii* (Boyle, 1961). La virulence très élevée aux écartements très étroits des plants peut provenir du stress provoqué par la densité du peuplement et de ses effets débilitants sur les plants. La fréquence élevée de la pourriture des tubercules enterrés à faible profondeur résulte probablement de ce que leur exposition aux rayons du soleil provoque la pourriture physiologique de la plante cultivée. Le rayonnement solaire est un facteur prédisposant à la biodétérioration, ce qui expliquerait la fréquence accrue de la pourriture des tubercules lorsque ceux-ci ont été mis en terre à faible profondeur. Quant à la production des bulbilles, on sait qu'elle est stimulée par la profondeur du tubercule. C'est pourquoi il est de pratique courante au Nigéria de butter le taro dès que le tubercule commence à se former. Il n'y a donc rien de surprenant à ce que la profondeur de plantation influence le rendement.

Bien que le rendement par peuplement augmente avec la profondeur de plantation, aux écartements larges (Tableau 7), le rendement le plus élevé par hectare provient d'écartements très étroits, mais est accompagné d'une réduction de la grosseur des tubercules.

Le buttage réduit aussi l'incidence de *C. rolfsii*. Il consiste à entasser la terre et les déchets végétaux autour de la base des plants ; on recouvre ainsi la plus grande partie de la matière organique, diminuant de ce fait la surface du milieu le plus propice au développement du mycélium et, donc, son action pathogène (Tableau 8). Bien que certains chercheurs aient démontré qu'un buttage excessif crée un amas de matières organiques qui alimenteront le pathogène de la pourriture des tiges de l'arachide (Wells et Cooper, 1952) nos propres travaux ne les contredi-

Tableau 7. Incidence moyenne, virulence, pourriture dans le champ et rendement tels qu'affectés par la variété, la densité et la profondeur de plantation.[a]

	Incidence (%)		Virulence		Pourriture dans le champ (%)		Rendement/ densité (kg)	
	1978	1979	1978	1979	1978	1979	1978	1979
Ede Ocha	55,5ab	33,11a	2,53a	3,56a	0,79a	27,19a	0,87a	0,28a
Ede Uhie	71,6a	36,23a	2,63a	2,87ab	0,82a	24,08a	0,81a	0,47ab
Ede Ukwu	58,5a	35,37a	1,43c	1,90b	15,23b	32,00a	1,13b	0,75b
Ede India	35,7b	22,36b	1,85b	2,97ab	14,13b	30,00a	0,75a	0,33a
60 × 100 cm^2	46,2a	31,09a	2,07a	3,15a	8,34a	28,29a	0,79a	0,34a
80 × 100 cm^2	62,1a	33,59a	2,12a	2,75ab	8,42a	29,34a	0,98b	0,48ab
100 × 100 cm^2	58,0a	31,20a	2,13a	2,58b	7,48a	27,75a	0,91ab	0,55b
Partiellement enterré	56,9a	45,39a	2,14a	2,82a	9,42a	31,83a	0,79a	0,43a
Complètement enterré	54,0a	49,92a	2,07a	2,83a	6,07b	25,08b	0,99b	0,53a

a) Les moyennes dans une même colonne non suivies de la même lettre sont différentes statistiquement au seuil de probabilité de 5 %.

sent pas. Nous avons constaté que c'est le type de matière organique, comme le type de chaume entassé autour du pied des plants, qui décide de l'importance de la maladie et de son évolution. Par exemple l'herbe, qui se décompose lentement, réduit l'infection du taro tandis que l'*Eupatorium* à décomposition plus rapide permet à l'infection de s'étendre.

De lui-même, le Diuron n'affecte ni la maladie ni le rendement. Le buttage, cependant, augmente le rendement et réduit la pourriture des tubercules dans le champ. Ce résultat n'est pas surprenant puisque cette opération a pour effet d'enterrer le tubercule plus profondément.

Sélection de variétes résistantes

Bien qu'il soit reconnu que *C. rolfsii* se retrouve chez de nombreux hôtes différents (Boyle, 1961), on a signalé que certaines variétés de plantes cultivées se montrent résistantes (Epps et alii, 1951), ce qui permet de supposer que ce caractère pourrait également exister chez des variétés de taro. Le cultivar Ede Ukwu de *C. esculenta* semble conjuguer la résistance et l'aptitude à des rendements élevés. Il est donc possible de sélectionner des variétés à grand rendement et résistantes à cette maladie. Il est également réalisable, par des manipulations génétiques d'introduire les facteurs de rendement et de résistance au pathogène. On a démontré à l'IITA que l'on pouvait provoquer la floraison des taros en recourant à l'acide gibberellique.

Gestion et surveillance post-récolte

Nous avons expliqué plus haut que les attaques de *C. rolfsii* peuvent entraîner l'échec total de la récolte à cause de la moisissure ou de pertes des tubercules

Tableau 8. Incidence moyenne, virulence, pourriture dans le champ et rendement, tels qu'affectés par la variété, les sarclages et le buttage.[a]

	Incidence (%)		Virulence		Pourriture dans le champ (%)		Rendement/ densité (kg)	
	1978	1979	1978	1979	1978	1979	1978	1979
Ede Ocha	82,3a	38,01ab	3,85b	3,04b	1,53a	38,68b	1,30a	0,45a
Ede Uhie	86,9a	32,77ab	3,20b	2,58ab	4,75a	30,75a	1,28a	0,61a
Ede Ukwu	85,7a	43,62a	1,4a	1,91a	25,01b	26,06a	1,33a	1,05b
Ede India	62,86b	29,95b	1,6a	2,71ab	32,35b	35,50ab	0,99b	0,58a
Sarclage	74,9a	35,61a	2,72a	2,42a	16,54a	32,62a	1,26a	0,66a
Sarclage/herbicide en pré-levée	84,9a	36,00a	2,80a	2,70a	15,28a	32,87a	1,19a	0,71a
Butté	79,9a	33,31b	2,57a	2,33a	15,48a	28,37a	1,24a	0,76b
Non butté	80,9a	38,31a	2,95a	2,79b	16,41a	37,37b	1,22a	0,58a

a) Les moyennes dans la même colonne non suivies de la même lettre sont différentes statistiquement au seuil de probabilité de 5 %.

pouvant atteindre 80 à 90 % pour *X. sagittifolium* et 50 à 60 % pour *C. esculenta*. Une explication veut que le pathogène mobilise l'énergie nécessaire à la germination (Arene, 1980). La température la plus favorable au pourrissement des tubercules causé par le pathogène est de 30 à 35 °C. L'augmentation de l'humidité stimule la pourriture des tubercules chez *X. sagittifolium* mais la réduit chez *C. esculenta*.

En travaillant sur *X. sagittifolium*, Ogundana (1976) a remarqué que la pourriture des tubercules diminuait lorsqu'on les conservait à une HR inférieure à 50 %. Cette constatation concorde avec celles de Gollifer et Booth (1973a) concernant *C. esculenta* et ses deux pathogènes : *F. moniliforme* et *B. theobromae*. Ces derniers se caractérisent par la production de spores qui ont besoin de beaucoup d'humidité pour se disperser, germer et pénétrer l'hôte (Cochrane, 1958). Il est plausible que la pourriture provoquée par ces pathogènes (Stockman et Harrar, 1957) augmente en même temps que l'humidité relative.

C. rolfsii, cependant, exige une humidité réduite pour germer (Watkins, 1958). Dans ces conditions, le cortex des sclérotes se plisse et se fendille (Boswell, 1958). L'on sait que les fongus dont la sporulation est stimulée par une humidité réduite se développent mieux dans de telles conditions (Cochrane, 1958). C'est pourquoi, dans ce cas-ci, le pourrissement des tubercules a été plus considérable à des taux d'humidité moins élevés, en particulier pour *C. esculenta*. Pour *X. sagittifolium*, il semble que la pourriture se soit aggravée avec l'augmentation de l'humidité. Les informations dont on dispose ont indiqué que le taux de déshydratation de cette espèce est plus élevé que chez *C. esculenta* (Tableau 9). Ainsi, à une humidité plus faible, ce taux augmentera, créant un microclimat d'humidité relative élevée à la surface des tubercules, qui contrariera le développement mycélien et la pathogénèse de *C. rolfsii*. De plus, la déshydratation accrue du tubercule entraîne un durcissement de la chair qui fait également obstacle au pathogène, ce dernier préférant des tissus végétaux plus succulents. Par contre, lorsque l'humidité est plus considérable, la déshydratation des tissus internes et l'accumulation d'eau à la surface du tubercule diminuent, ce qui crée un milieu plus favorable au développement du mycélium et à la pourriture.

Nos observations ont été confirmées (Tableau 10) par la comparaison des effets d'une humidité libre sur le pourrissement des tubercules chez les deux espèces. Ces constatations sont corroborées par l'étude des conséquences de diverses méthodes d'entreposage indigènes sur les pertes subies de ce fait (Tableau 11). Pour *X. sagittifolium* on constate moins de pourriture chez les tubercules placés sur des claies surélevées et non recouvertes. Ce procédé engendre un microclimat peu favorable de forte humidité à la surface des tubercules et la circulation de l'air accélère le durcissement subséquent de la chair, qui fait aussi obstacle au pathogène. Par contre, *C. esculenta* est beaucoup moins exposée aux atteintes de *C. rolfsii* lorsqu'elle est conservée en fosse ou dans des paniers que l'on recouvre ensuite de cendre et de fragments frais de troncs de plantaniers, ce procédé maintenant une humidité plus considérable. On ignore l'effet que peut avoir le cendrage sur la pourriture des tubercules, mais l'opération a une certaine efficacité contre les termites.

Bien que les températures plus basses freinent le pourrissement, la conservation au froid de l'igname

Tableau 9. Perte de poids de deux cultivars de *X. sagittifolium* (Ede Ocha et Ede Uhie) et de *C. esculenta* (Ede India et Ede Ukwu) après 6 et 12 semaines de conservation.

	Semaines de conservation	
Cultivar	6	12
Ede Ocha	35	86
Ede Uhie	70	96
Ede India	30	68
Ede Ukwu	60	63

Tableau 10. Diamètre moyen des taches de pourriture provoquées par *C. rolfsii* sur les tubercules de deux variétés de taro, dans trois états d'humidité différents (les témoins non inoculés n'ont pas eu de pourriture).[a]

	Diamètre des lésions (mm)	
État	*X. sagittifolium*	*C. esculenta*
Sec	29,33	29,00
Humide	32,66	45,00
Mouillé	45,00	21,66

a) Le coefficient de variation est de 7 % ; la DMS (0,01) est 1,73.

Tableau 11. Effets des procédés de conservation de deux variétés de taros sur le diamètre moyen (mm) des taches de pourriture causées par *C. rolfsii*.[a]

	Diamètres des lésions (mm)	
Procédé de conservation	*X. sagittifolium*	*C. esculenta*
Plancher de hangar	18,25	24,00
Claies surélevées	13,50	18,00
Fosse	24,00	16,75
Paniers	27,50	16,25
À découvert	13,00	21,25
Recouverts	25,25	20,00
Cendrés/à découvert	24,75	21,25
Cendrés/recouverts	20,25	19,75
Témoins	0,00	0,00

a) DMS (0,05) est 1,29 ; DMS (0,01) est 1,69.

s'est révélée défavorable à la qualité du produit (Coursey, 1968a). Ses effets sur le taro ne sont pas connus. Par ailleurs, le procédé pourrait se révéler onéreux. Les populations indigènes prolongent la conservation des taros en les entreposant dans des fosses ou sur des claies, comme on le rapporte de différents endroits (Gollifer et Booth, 1973b). Il est probable que l'on pourra trouver des méthodes de conservation pratiquement réalisables par un contrôle approprié de l'humidité du milieu ambiant.

Conclusion

L'infection causée par *C. rolfsii* est reconnue au Nigéria comme un important facteur limitant des rendements et de la détérioration des taros en cours de stockage. Les chercheurs pourront la combattre plus efficacement dans le champ et améliorer la conservation des tubercules, en appliquant les mesures suivantes :

- Un bon labour du sol pour exposer le pathogène aux rayons du soleil au début de la saison, et réduire le plus possible l'humidité ;
- Peu après la plantation, recouvrir le sol de matières organiques à décomposition lente, qui augmenteront le rapport C : N du sol et réduiront la prolifération de *C. rolfsii* en accroissant la population d'autres compétiteurs plus utiles, pour l'absorption du peu d'azote utilisable ;
- Éviter les champs qui viennent de porter une monoculture de manioc ou de taro, laissant ces sols à des plantes qui n'entretiennent pas le pathogène, comme les herbes ;
- Butter et sarcler la récolte et, peut-être, utiliser un herbicide de pré-levée pour réduire la main-d'oeuvre, sans cependant stimuler le développement de la maladie ;
- Planter profondément pour réduire la pourriture des tubercules dans le champ ;
- Utiliser des variétés tolérantes et à gros rendement élevé. Le seuil économique pour la plupart des cultivars est la classe 3 de virulence.

En outre, on pourra minimiser le pourrissement des tubercules en entrepôt en :

- Évitant de meurtrir les tubercules à la récolte ;
- En laissant sécher complètement les restes de pétioles avant l'enlèvement et l'entreposage des tubercules, afin d'éviter les lésions ouvertes ;
- Enlever les tubercules récoltés dans les champs infectés par le *C. rolfsii*, en particulier ceux qui donnent des signes d'infestation mycélienne, avant de les entreposer ;
- Entreposer *X. sagittifolium* sur des claies surélevées, non couvertes, et *C. esculenta* dans des fosses ou des paniers recouverts de fragments frais de troncs de plantanier ; on peut garnir l'intérieur de la fosse ou des paniers d'une couche de cendre pour éviter les attaques des termites.

Les systèmes de culture du taro au Nigéria

H.C. Knipscheer et J.E. Wilson

Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan (Nigéria)

Description de la culture du taro à l'est et à l'ouest du Nigéria. Dans ces régions, on cultive généralement le taro en haute terre, sur des sols fertiles, bien drainés, en association avec le maïs. Hâtive, cette plante vient en tête d'assolement, souvent suivie par le manioc. Elle est moins exigeante que ce dernier, en termes de travaux agricoles, y compris la préparation du sol. Et elle est également intéressante sur le plan de la rentabilité.

Cocoyam cultivation in the eastern and western regions of Nigeria is described. Cocoyam is generally grown on upland, well drained, fertile soils. Mixed cropping with maize and yam is common. Cocoyam appears early in the yearly crop rotation and is often followed by cassava. Labour utilization for cocoyam is estimated to be lower than that for cassava for cultivation as well as for preparation. Economically it is an attractive crop.

Il existe peu d'informations sûres concernant la culture du taro et sur la place qu'elle occupe dans l'agriculture de l'Afrique occidentale. Le Nigéria en est le plus grand producteur mondial, avec 40 % du total (Onwueme, 1978c) mais le taro figure au troisième rang des plantes-racines de ce pays, après l'igname et le manioc (Bureau fédéral de statistiques). En d'autres pays, cependant, il joue un rôle essentiel. Au Cameroun, par exemple, il vient au deuxième rang des récoltes principales derrière le manioc (Lyonga, 1980), et Karikari (1971a) rapporte qu'il est la plus importante plante-racine cultivée au Ghana. Au Gabon également le taro figure parmi les cultures vivrières les plus importantes.

Les chercheurs en quête de variétés améliorées et de pratiques culturales plus avancées ont besoin d'informations précises concernant les méthodes de culture actuelles des taros.

Le but de cet exposé est donc d'apporter certaines explications sur les procédés en usage pour la plantation, la culture, la récolte et l'utilisation des taros au Nigéria. Parmi les questions particulières qui se posent : quels sont les modes de plantation? Comment les cultivateurs utilisent-ils différentes variétés? Quelles autres plantes associe-t-on au taro? Comment utilise-t-on la main-d'oeuvre pour sa culture? Comment se font la récolte et l'entreposage? Et comment s'effectuent la transformation et la commercialisation des produits?

Méthodologie

La Figure 1 représente les régions où le taro constitue l'aliment principal. Nous avons choisi trois de ces régions pour en faire un bref relevé descriptif. Comme on cultive surtout le taro dans la partie orientale du Nigéria, nous avons retenu les deux États grands producteurs d'Anambra et de Imo, ainsi que celui d'Ondo, à l'ouest du Niger. Dans chaque État, trois ou quatre villages où le taro est considéré comme un aliment de base principal ont été choisis sur la recommandation du ministère local de l'Agriculture et des Ressources naturelles (MARN). Dans chacun de ces endroits, on a interviewé les membres de six ou sept familles. Dans la plupart des cas, ce sont les femmes qui se chargent de cultiver le taro.

La méthode adoptée pour cet échantillonnage visait à obtenir les informations générales sur les systèmes de culture du taro plutôt qu'à vérifier certaines hypothèses particulières. Le procédé de sélection des villages et des foyers a pu être influencé par la facilité d'accès, le degré de coopération des cultivateurs ou par les préférences personnelles des agents agricoles locaux. Les résultats n'en donnent pas moins un bon aperçu général de la production du taro dans chacun des trois États et on peut les considérer comme bien fondés.

Nous n'avons pas relevé de chiffres relatifs au

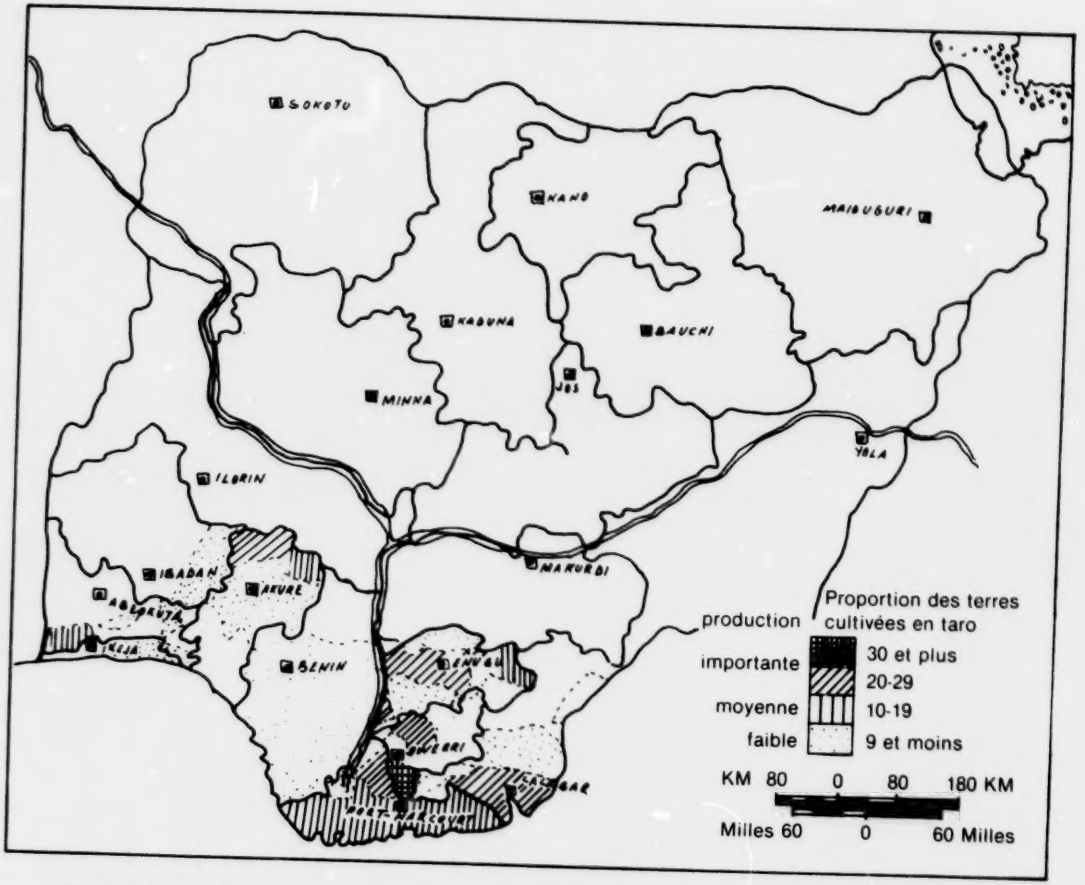


Fig. 1. *Culture du taro au Nigéria. Source : Atlas agricole du Nigéria, S.A. Agboola, Oxford University Press, 1979.*

volume de la production de taros. Diverses sources (Phillips, 1976 ; Olayide, 1972 ; Onwueme, 1978c : Bureau fédéral de statistiques 1979) placent la moyenne des rendements dans la zone étudiée aux environs de 6 000 kg/ha.

Les enquêtes sur les systèmes culturaux adoptent des méthodes plus ou moins normalisées. Delgado (1979), Norman et alii (1979) et Atayi et alii (1980) rangent tous leurs informations sous de mêmes titres. Les observations sont groupées d'après divers facteurs de production propres à un système, tels que le sol, le travail (calendrier des travaux, disponibilités et utilisation de la main-d'oeuvre), les capitaux (apports onéreux et non onéreux), pratiques culturales (en association, rotation) et méthodes d'utilisation (préparation familiale et commercialisation).

Notre enquête a suivi le même plan. Toutefois nos entrevues sont restées brèves (environ 45 minutes) et centrées exclusivement sur le taro comme élément des systèmes culturaux.

RÉSULTATS

Le Tableau 1 indique le nombre moyen de champs en culture et en jachère, par État. Il donne également le pourcentage des cultivateurs de chaque État qui cultivent le taro en mélange. La durée moyenne de la culture et de la jachère dans Ondo est, respectivement, de 6 et 5 ans, et pour Imo et Anambra, de 3 et 1 an.

Considérant les dimensions moyennes des champs cultivés et en jachère comme identiques, nous en avons déduit les indices d'utilisation du sol (Allan 1965). Par nos questions au sujet de l'histoire et de l'avenir de la parcelle en taro nous avons également déduit le régime moyen de rotation : culture-jachère.

Dans Imo et Anambra, en particulier, on cultive le taro dans des sols utilisés intensivement. La période de culture assez longue d'Ondo peut être reliée à l'importance relative qu'on accorde à la culture du cacao dans cet État.

La majorité des cultivateurs (91 %) cultivent le taro dans les terres hautes, en mélange. Il semble que les producteurs nigérians, dans les endroits visités, ne cultivent pas cette plante dans les sols hydromorphes (terres basses). Ils nous ont généralement cité de nombreuses cultures secondaires (vivrières ou arbustive) qui pourraient se pratiquer dans les endroits cultivés en taro. Leurs réponses confirment que la plante est cultivée dans les terres hautes à sol fertile et bien égoutté.

Dans les endroits où l'on n'a pas trop à redouter les nématodes ou le pourridié des racines, il est possible de cultiver le taro de façon ininterrompue, pendant plusieurs années. Cette pratique est limitée à la région d'Ondo où le taro occupe le même sol pendant une moyenne de 3 années consécutives. Dans Imo et Anambra, la majorité des cultivateurs suivent une rotation. Le taro revient au même endroit tous les 2 ans ou, plus fréquemment, tous les 3 ans. Dans Ondo, seulement 40 % des cultivateurs utilisent ce genre de rotation. Ceux, en particulier, qui cultivent le taro en association avec le cacao nous ont rapporté des périodes de culture continue atteignant 5,5 ans, en moyenne.

La culture du taro est généralement confiée aux femmes (Tableau 2). Il en est presque exclusivement ainsi dans les États d'Imo et d'Anambra.

La terre et la main-d'oeuvre dont il dispose constituent la principale richesse du cultivateur. Il serait long et fastidieux de vouloir apprécier l'utilisation effective de cette main-d'oeuvre. Un moyen plus économique consiste à demander aux cultivateurs de comparer leurs exigences de cet ordre, concernant le taro, avec la main-d'oeuvre absorbée par d'autres récoltes plus populaires, pour lesquelles on dispose de données plus précises. Un examen préliminaire nous a suggéré que le manioc et la maïs pourraient servir à cette fin. Nous avons donc invité les cultivateurs à classer le maïs, le manioc et le taro d'après les exigences en main-d'oeuvre de chacune de ces plantes cultivées (Tableau 3).

Le taro a exigé moins de travail que le manioc pour la préparation du sol, les sarclages et la récolte. Il en a exigé plus pour la plantation seulement. Nous avons mis à jour d'autres estimations antérieures fiables concernant le manioc et le maïs (Knipscheer,

Tableau 1. Nombre moyen de champs cultivés et de jachères, par État.

États	Champs cultivés	Jachères	% exploitations en mélange	Champs à l'exclusion des cultures en mélange	Indice d'utilisation du sol[a]
Ondo	3,6	3,0	33	3,3	2,1
Imo	4,0	1,0	95	3,0	1,3
Anambra	5,0	1,0	100	4,0	1,3

a) Indice d'utilisation du sol d'Allan, S, égale (C + j)/C dans lequel C est la période en culture et J la période en jachère.

Tableau 2. Les sexes et la culture du taro.

	Hommes	Femmes	Les deux
Ondo	6	8	8
Imo	0	19	2
Anambra	0	16	5

1980), d'après nos propres constatations, en utilisant la formule algébrique (Tableau 4) : U taro = U maïs + (S taro/S manioc) (U manioc − U maïs) dans laquelle U = utilisation de la main-d'oeuvre par récolte (Tableau 4, deux premières colonnes) et S = score ajusté (Tableau 3).

L'enquête a révélé qu'en 1979 le cultivateur moyen a embauché environ 10 % de la main-d'oeuvre nécessaire pour le taro, c'est-à-dire 14 jours/homme/ha, dont 11 pour la préparation du sol et 3 pour les sarclages. On peut en déduire que des 128 jours/ha de leur propre travail, les cultivateurs en consacrent environ 40 à la préparation du sol et à la plantation, 33 aux sarclages et 55 à la récolte. Les pourcentages correspondants seraient, respectivement, de 31, 26 et 43 de la main-d'oeuvre totale nécessitée par la culture du taro.

On a demandé aux cultivateurs, séparément, combien de jours de leur propre main-d'oeuvre ils consacraient à chacune des activités dans les parcelles leur appartenant. La répartition qu'ils nous ont donnée a été de 26 % pour la préparation du sol et la plantation, 28 % pour les sarclages et 46 % pour la récolte.

Les pourcentages de main-d'oeuvre par activité provenant de la comparaison avec le maïs et le manioc, et ceux provenant des dépenses personnelles en main-d'oeuvre du cultivateur, ne donnent qu'un écart de cinq points seulement entre les deux, confirmant ainsi les résultats obtenus avec notre méthode d'évaluation (c.-à-d. par la comparaison des récoltes).

Dans les trois États, les cultivateurs d'Imo consacrent le plus de temps à la plantation, et ceux d'Ondo aux sarclages. Ces observations sont en conformité avec le système de culture mixte intensif en usage en Imo et avec les écartements plus larges rapportés pour Ondo.

Outre les pratiques culturales, on a demandé aux cultivateurs de classer le manioc et le taro d'après les frais de transport et de préparation (transformation). Pour le transport, une faible majorité (54 %) a trouvé le manioc plus exigeant que le taro. Pour la transformation en aliments, une vaste majorité (88 %) a déclaré la préparation du manioc plus compliquée que celle du taro.

En conclusion, il semble que le taro réclame environ 16 % de main-d'oeuvre agricole de moins que le manioc et que sa culture ainsi que la préparation de ses dérivés, exige moins de temps et de travail.

Pour la plantation, les cultivateurs utilisent soit le sommet du tubercule principal, soit des bulbilles ou petits tubercules secondaires. Les semenceaux sont conservés dans un endroit ombragé et recouverts de feuilles de palmier. On choisit généralement le sommet du tubercule principal incluant le bourgeon central ou les jeunes plants issus des petits tubercules secondaires. Lorsque le taro est replanté dans le même sol, comme c'est la coutume en Ondo, la tige est émondée et placée dans l'ancien trou de planta-

Tableau 3. Comparaison des exigences en main-d'oeuvre du taro, du maïs et du manioc.

	Le plus	Le moins	Score de la récolte[a]	Score ajusté[b]
Préparation du sol				
Maïs	7	49	−42	0
Taro	27	10	+14	56
Manioc	35	37	+28	70
Plantation				
Maïs	–	55	−55	0
Taro	40	4	+36	91
Manioc	26	7	+19	74
Entretien				
Maïs	5	32	−27	0
Taro	30	28	+ 2	24
Manioc	28	3	+25	52
Récolte				
Maïs	3	47	−44	0
Taro	29	17	+12	56
Manioc	34	1	+33	77

a) Le plus = + 1 point; le moins = − 1 point.
b) Score de la récolte moins score du maïs.

Tableau 4. Affectations de la main-d'oeuvre (jours/homme/ha) aux diverses phases de la culture du maïs, du manioc et du taro.

	Maïs (jours/homme/ha)	Manioc (jours/homme/ha)	Taro (jours/homme/ha)
Préparation du sol	24	40	37
Plantation	10	13	14
Entretien[a]	25	45	36
Récolte	16	70	55

a) Généralement deux sarclages pour le taro.

tion. Cette pratique peut se répéter jusqu'à ce que le rendement ou la qualité de la récolte déclinent (voir également Karikari, 1971a).

Le choix des types et variétés dépend de la région. En Imo et Anambra, tous les cultivateurs cultivent et le *Colocasia* (« vieux taro ») et le *Xanthosoma* (« nouveau taro », tannia). Sans exception, ils utilisent aussi bien les variétés « rouge » ou « blanche » de *Colocasia* et de *Xanthosoma*.

En Ondo, cependant, on préfère *Xanthosoma*. Seulement 50 % des cultivateurs utilisent également *Colocasia*. La variété rouge de *Xanthosoma* mûrit généralement plus tard que la variété blanche et est peut-être moins styptique. Les cultivateurs consomment généralement les bulbilles de *Colocasia* à chair rouge, mais leur préfèrent le tubercule principal de *Colocasia* à chair blanche.

Comme l'on cultive presque toutes les variétés (trois ou quatre) en mélange dans la même parcelle, on n'a pu faire de distinction entre les modes de plantation pour chacune d'elles.

Dans presque tous les cas, la plantation a lieu au début de la saison des pluies ; cependant, les cultivateurs d'Ondo ont généralement mentionné des dates plus avancées que dans Imo et Anambra. Les premiers plantent surtout en mars et avril, les autres en avril et mai. Ondo est le seul à rapporter des cas de replantation, qui ont pu s'imposer à cause d'un premier essai trop hâtif. Du reste, le problème de la sécheresse est beaucoup plus souvent mentionné en Ondo (67 %) que dans Imo et Anambra (12 %).

L'espacement des plants diffère également d'une région à l'autre. D'après les intervalles rapportées entre les rangs et entre les plants, nous avons calculé la moyenne de surface (en m^2) occupée par les plants. Pour Ondo, elle était de 0,51 m^2, pour Imo de 0,32 m^2 et pour Anambra de 0,39 m^2. Les écartements ainsi calculés sont beaucoup plus réduits que ceux mentionnés par Phillips (0,81 à 1,8 m^2), et à peine plus larges que ceux recommandés par Onwueme (0,36 m^2).

Les cultivateurs qui associent des plantes arbustives au taro rapportent des écartements moyens de 0,45 m^2. Cette différence entre cultures associées avec et sans arbustes indique probablement que le taro était planté en touffes entre des arbustes épars. Dans ce cas l'écartement applicable n'est pas seulement celui qui existe dans la touffe (sans doute celui qui était rapporté) mais celui entre les touffes (qui demeure inconnu).

Le taro se plante, d'habitude, sur des buttes légères (56 %), des billons (32 %) ou en planches (53 %). (On a tenu compte de réponses multiples). Un seulement des 66 cultivateurs interrogés utilisait des buttes surélevées, ce qui concorde avec le fait que la plante se cultive de préférence dans les terres hautes du Nigéria.

Deux éléments importants des pratiques culturales sont la culture mixte et la rotation. La culture en association avec d'autres plantes vivrières est surtout fréquente en Imo et en Anambra, où elle est de coutume pour 76 % des producteurs. Dans Ondo, la proportion est sensiblement moindre (51 %). Nous rappelons l'importance, que nous avons constatée, de la culture du taro on mélange, dans Imo et Anambra ; le plus souvent on l'associe au maïs (85 %), à l'igname (50 %), au gombo (33 %), au manioc (33 %) et au poivrier (28 %).

Les relevés par État indiquent que la combinaison taro–maïs est la plus commune dans Ondo ; taro–igname–maïs la plus typique en Anambra ; et taro–igname–maïs–manioc la plus fréquente en Imo.

Dans les trois États, les associations comportant des plantes arbustives sont courantes, mais on ne rencontre le cacao que dans Ondo. Le cola et le citronnier sont populaires comme plantes associées dans les trois États.

Le taro se prête bien à ce genre de culture associée avec d'autres plantes et arbustes parce qu'il supporte mieux l'ombre que la plupart des récoltes et donne des rendements satisfaisants même si sa croissance s'effectue entièrement ou partiellement sous le couvert d'autres plantes.

La rotation comporte l'interruption périodique de la culture d'une même plante au même endroit. Les modifications de la fertilité du sol, de l'effectif des nématodes et des pathogènes du sol en font souvent une nécessité pour les cultivateurs. La rotation culture-jachère est la plus prolongée dans Ondo et

relativement courte dans Imo et Anambra (sinon inexistante là où se pratique la culture en mélange). De même, les périodes de culture ininterrompue du taro dans le même sol sont plus longues dans Ondo que dans Imo et Anambra, ce qui s'explique peut-être par son association avec le cacaoyer qui tolère peu d'autres récoltes que le taro, lequel pousse assez facilement à l'ombre.

Dans Imo et Anambra, par ailleurs, le taro se succède rarement à lui-même bien qu'on n'ait pas constaté jusqu'ici de menace sérieuse de la part des nématodes. Pour connaître le rang que le taro occupe dans la rotation, nous avons demandé aux cultivateurs quelles étaient les deux récoltes les plus importantes qui le précédaient et le suivaient habituellement (Tableau 5).

Tout comme on associe de préférence le taro au maïs, à l'igname et au manioc, ces mêmes récoltes dominent généralement dans les rotations annuelles (Tableau 5). Une analyse plus poussée révèle que les mélanges igname–taro sont souvent précédés d'une récolte d'igname (19 cultivateurs sur 23). En outre, plusieurs font d'abord une récolte d'igname et répéteront celle-ci (probablement en association) sur le même sol. A vrai dire, un tiers des cultivateurs d'Imo et d'Anambra que nous avons interrogés ont déclaré cultiver l'igname au même endroit et sans interruption pendant au moins trois ans, et pendant au moins une de ces années, ils lui associaient le taro.

On cultive de préférence le taro avant le manioc, habitude qui vient confirmer la place généralement dominante que le manioc occupe dans les mélanges à la fin de la période culturale, alors que la fertilité du sol est au plus bas et que l'on n'a pas à débarrasser le terrain des débris accumulés après la récolte. Le mode de rotation confirme les constatations antérieures concernant les rotations agricoles mixtes de l'est du Nigéria et l'existence d'une rotation sédentaire rudimentaire dans l'ouest du pays (Okigbo, 1978).

La rotation igname-taro explique en partie pourquoi les familles d'Ondo plantent, récoltent et consomment leur taro plus tôt qu'on ne le fait dans Imo et Anambra. Les cultivateurs d'Ondo plantent l'igname en saison sèche et doivent donc nettoyer et préparer leur terre à la fin de la saison des pluies. Si l'igname suit le taro, ils devront débarrasser le terrain de ce dernier avant décembre et le consommer sans tarder, puisque le taro ne se conserve pas longtemps. Par contre, la plupart des cultivateurs de l'Est plantent l'igname au début de la saison pluvieuse et n'ont pas à enlever la récolte précédente avant février–mars. Comme ils plantent l'igname au temps des pluies, le taro suivra plus tard. La récolte de l'igname, considérée comme plus importante, doit être terminée avant que le cultivateur ne s'occupe des autres. Dans Ondo, où l'on plante l'igname en saison sèche, les cultivateurs peuvent la faire suivre par le taro aussitôt que la saison des pluies est bien établie.

Tableau 5. Fréquence des récoltes précédant et suivant le taro (pour les trois États).

	Avant	Après
Igname	31	30
Maïs	23	24
Manioc	7	20
Poivrier	9	6
Gombo	12	4
Légumes	7	1
Autres	4	8
Aucune	7	6

Récolte et conservation

Au Nigéria, la récolte du taro a généralement lieu 9 à 10 mois après la plantation. D'après la plupart des cultivateurs, les tubercules doivent rester en terre au moins 7 mois. Le récolte s'effectue donc de novembre à mars–avril (Fig. 2). Dans Ondo, elle précède généralement celles d'Imo et d'Anambra. La plupart des cultivateurs (60 %) font leur récolte progressivement. En Anambra seulement ils la font en une fois sans doute à cause des débouchés importants offerts au taro par les marchés locaux (Tableau 6).

Le Tableau 6 indique l'importance du taro comme récolte de rapport dans l'est du Nigéria. La moitié des cultivateurs interrogés dans Imo et Anambra en écoulent au moins la moitié sur les marchés. Dans

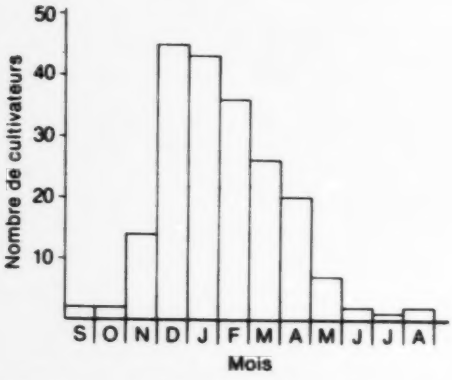


Fig. 2. *Fréquence, par mois, des activités de récolte du taro.*

Tableau 6. Proportions de cultivateurs (% par État) vendant leur taro.

	Ventes			
	Aucune	Peu	La moitié	La plupart
Ondo	8	67	17	8
Imo	14	38	34	14
Anambra	–	52	29	19

Ondo seulement 25 % des producteurs cultivent le taro comme récolte de rapport.

Un aspect important de la culture du taro est qu'on le récolte juste avant ou durant la période de « disette », c'est-à-dire l'époque de pénurie alimentaire relative qui s'étend entre l'épuisement des réserves précédentes et l'apparition des produits des nouvelles récoltes (maïs, igname, riz) (Nwana et alii, 1979) (Fig. 3).

Quarante pour cent des cultivateurs (surtout ceux de l'Est) ont déclaré qu'ils ne laissaient jamais rien de leur récolte de taro dans le sol mais l'enlevaient complètement pendant la même saison. Ce n'est que dans Ondo que l'habitude prévaut de laisser une partie de la récolte enfouie dans le sol.

De façon assez surprenante, 92 % des producteurs ont déclaré avoir agrandi leurs champs de taro durant les cinq dernières années. Plusieurs ont donné comme raison « de nouvelles responsabilités ». Soixante-dix pour cent sont d'avis qu'ils pourraient facilement étendre les superficies qu'ils consacraient à cette culture. Aucun ne s'est prononcé en faveur d'une augmentation du nombre des plants par parcelle (c.-à-d. pour une utilisation plus intensive du sol) comme moyen possible d'accroître le rendement.

On est mal renseigné sur la conservation des tubercules du taro. La consommation, surtout familiale, des produits et la possibilité de laisser séjourner les racines dans le sol rendent plus ou moins inutiles les moyens d'entreposage. Extraits du sol, les taros sont simplement mis en tas, recouverts de feuilles, dans un endroit ombragé. On construit parfois des abris et on conserve couramment des tubercules dans des paniers à l'intérieur des maisons. Une autre méthode est le creusage de fosses. Bien que Nwana et alii (1979) aient décrit ce mode de conservation comme « presque disparu » dans Anambra, il est encore en usage chez plusieurs des cultivateurs qui ont collaboré à cette enquête. Dans aucun cas, on n'a fait mention de problèmes de conservation (maladies, pourriture ou parasites) (Tableau 7).

Dans Ondo on se sert surtout de cabanes ou de huttes (67 % des cultivateurs) pour conserver les tubercules ; dans Imo, de paniers gardés dans l'habitation (43 % des cultivateurs) et dans Anambra, de fosses (86 % des cultivateurs).

Les pertes en cours d'entreposage peuvent s'élever à 30–50 %, même si 83 % des cultivateurs interrogés n'ont pas mentionné de problèmes de conservation. Ces derniers sont cependant réels et imputables surtout aux maladies, à la pourriture, aux parasites et au soleil. Le fait qu'il y ait si peu de plaintes souligne la valeur que les cultivateurs attachent généralement à leurs procédés de conservation habituels. Des 11 plaintes formulées, 7 (64 %) concernaient l'entreposage dans le champ, 3 seulement (12 %) l'entreposage en cabanes ou huttes, et 1 (9 %) la conservation à la maison. Les fosses se sont révélées techniquement supérieures (pas de plantes). Conjointement avec l'entreposage, 29 % des cultivateurs ont mentionné des problèmes de transport de la récolte (du champ à l'endroit de conservation).

Les feuilles peuvent se conserver quelques jours à l'état frais, et quelques semaines à l'état sec. Le séchage des feuilles est beaucoup plus répandu dans Imo et Anambra que dans le Nigéria occidental.

Utilisation

Les tubercules, bulbilles et feuilles du taro sont comestibles. Les cultivateurs s'accordent pour attribuer une plus grande valeur économique aux parties tubéreuses qu'aux feuilles, qu'ils considèrent plutôt comme un sous-produit. On en fait généralement des

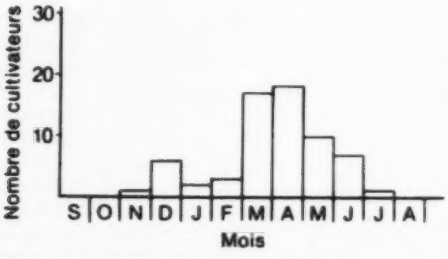


Fig. 3. *Répartition des cultivateurs durant les mois de consommation du taro.*

Tableau 7. Pourcentages des cultivateurs appliquant l'un ou l'autre procédé de conservation.

	Méthodes d'entreposage				
	Cabane/ hutte	Dans le champ	À la maison	En fosse	PP[a]
Ondo	24	8	3	–	1
Imo	9	9	14	–	–
Anambra	3	–	–	28	1

a) PP = Pas de préférence.

soupes (45 %) ou des emballages (6 %) ou on les utilise à la fois à ces deux fins (38 %). Seulement 10 % des cultivateurs interrogés (tous en Ondo) ne faisaient aucun usage des feuilles.

Les parties tubéreuses et les bulbilles sont préparées de différentes façons. Le pilage (à l'état pur ou avec l'igname) est la méthode la plus populaire (50 à 60 % de la production du taro) mais on consomme aussi le taro bouilli (10 à 20 %) et rôti (10 %) ; cette dernière pratique n'existe pas dans Ondo.

Xanthosoma et *Colocasia* contiennent tous deux un styptique qui irrite la bouche et la gorge si on consomme les tubercules crus ou insuffisamment cuits. Il est généralement admis que ce sont des cristaux d'oxalate de calcium qui agissent comme irritant, bien que l'on croie aujourd'hui qu'ils ne sont pas le seul facteur en cause. Quoi qu'il en soit, celui-ci disparaît à la cuisson. L'agent styptique diffère d'après les variétés cultivées. Les variétés « douces » peuvent être bouillies et consommées comme l'igname tandis que les « amères » doivent être bouillies longuement. De façon générale, *Xanthosoma* est moins âpre et exige moins de cuisson que *Colocasia*. Il paraîtrait que *Xanthosoma* à chair rouge contient le moins d'irritant, ce qui explique que cette variété soit la plus appréciée pour le rôtissage.

Les cultivateurs distinguent deux sortes de *Xanthosoma*, l'une « tendre », l'autre « ferme ». Cette dernière est généralement très douce et se consomme bouillie ou rôtie. On préfère la première pour le pilage (avec ou sans igname), sa tendreté rendant l'opération plus facile. *Colocasia* est généralement considérée comme tendre également et sert surtout au même usage. Pour en améliorer le goût, les ménagères la mélangent parfois avec *Xanthosoma* qui est à la fois ferme et doux.

Le taro se consomme aussi (10 à 20 %) sous forme de gruau. Le râpage (5 % de la production totale) se pratique surtout dans Anambra tandis que sa transformation en farine est très rare dans l'est du Nigéria et exceptionnelle dans l'ouest.

Le taro se consomme aussi (10 à 20 %) sous forme de gruau. Le râpage (5 % de la production totale) se pratique surtout dans Anambra tandis que sa transformation en farine est très rare dans l'est du Nigéria et exceptionnelle dans l'ouest.

Le taro à l'état frais se vend, en général, plus cher que le manioc frais — à peu près le double, dans l'est du pays (Lagemann, 1978 ; Ministère des Finances et du Développement économique, 1978) et au Cameroun (Kamajou et alii). Cette différence se justifie en partie par la valeur nutritive respective des deux plantes, par le travail qu'exige leur préparation à la consommation, et aussi par les préférences de goût en faveur de l'une des deux récoltes.

La teneur en protéine digestible du manioc est de 1 % (base poids sec) comparativement à 5–5,6 % pour *Xanthosoma* et *Colocasia*. Pour les feuilles de taro, cette teneur varie de 12 à 15,5 % (de la matière sèche). Les valeurs caloriques sont à peu près les mêmes pour le manioc, le taro et l'igname, soit respectivement 376–391, 376–383 et 373–391 cal/100 g (Oyenuga 1968).

Le Tableau 8 donne les différences de goût des cultivateurs à l'égard de différents aliments de base. Le rang occupé par le taro (après l'igname mais avant le maïs et le manioc) semble réfuter l'étiquette de « récolte du pauvre » qu'on lui accole parfois. On cultive le taro non seulement parce qu'il exige moins de travail et à cause de l'époque où on le récolte (avant et pendant la saison « de disette »), mais aussi pour sa saveur plus appréciée.

Conclusions

Les conclusions de cette étude sont les suivantes:

- Les époques de plantation du taro, au Nigéria, varient de mars–avril à avril–mai et semblent dépendre des dates de plantation et de récolte de l'igname. Ainsi donc, la culture du taro s'inscrit dans un régime culturel plus large, à base d'igname. Cette constatation est confirmée par les tendances signalées à propos des récoltes en mélange et des rotations ;
- On ne distingue pas de procédés culturaux différents pour les diverses variétés de taros. Toutes sont cultivées dans les sols fertiles et bien drainés des terres hautes ; le choix de la variété paraît dépendre surtout des habitudes de consommation et de ses qualités particulières, qualifiées de « ferme », « tendre », « amère » ou « douce » ;
- La monoculture du taro est rare. Sa culture en association avec le maïs est la plus typique, bien que le mélange igname–taro–maïs se rencontre aussi très souvent. On le cultive également avec des arbustes (colatier, citronnier) ;

Tableau 8. Appréciation par les cultivateurs de la saveur comparée du taro et d'autres aliments de base.

	Saveur comparée à celle du taro			
	Meilleure (%)	Même (%)	Moins bonne (%)	Indif.[a] (%)
Igname (jaune)	89	0	11	0
Igname (blanche)	89	2	9	0
Manioc (bouilli)	2	3	94	1
Manioc (gari)	15	32	53	0
Riz	44	26	29	1
Maïs	23	29	48	0

a) Indif. = indifférents.

- Le taro exige moins de travail et de main-d'oeuvre que le manioc et sa culture absorbe environ 142 jours/homme/ha ;
- Les méthodes de conservation les plus courantes sont : un endroit à l'ombre, dans le champ, une hutte ou cabane, dans la maison, ou en fosse. Ces méthodes protègent convenablement la récolte contre les parasites, les maladies et le soleil ;
- De nombreuses familles (40 % des cultivateurs interrogés) cultivent le taro comme récolte de rapport et vendent au moins la moitié de leur production annuelle. Le taro est considéré comme moins savoureux que l'igname (jaune ou blanche) mais plus que le maïs et le manioc. On le prépare généralement à la consommation par pilage ;
- La très grande majorité des cultivateurs (92 %) ont augmenté leur production de taro depuis quelques années, ce qui indique la faveur croissante de cette plante cultivée.

Il semble donc bien que les taros ne sont plus une « récolte de pauvre » mais plutôt une « récolte dont la valeur économique est prometteuse » (Académie nationale des sciences, 1975). Au Nigéria, les cultivateurs en produisent de plus en plus, parce qu'ils constatent que le taro exige moins de travail que le manioc. Le taro peut facilement se cultiver en association avec d'autres récoltes vivrières ou arbustives. Ses qualités nutritives, sa sapidité, sa préparation plus facile pour l'alimentation et sa valeur marchande lui confèrent un avantage économique sur le manioc.

Les implications de cette étude, au point de vue de la sélection, suggèrent que le taro mérite plus d'attention en raison de sa valeur et de son potentiel économique ; ses caractéristiques particulières telles que l'existence de variétés « fermes », « tendres », « douces » ou « amères » devront faire l'objet d'études plus poussées ; les nouvelles variétés créées devront tenir compte de l'utilité actuelle de la plante en culture mixte. Et comme l'on peut prolonger la période de consommation du taro en avançant les dates de plantation (comme en Ondo), on devra rechercher des variétés possédant une plus grande résistance à la sécheresse.

RENDEMENT ET ABSORPTION DE L'AZOTE PAR LE TARO D'APRÈS LA FERTILISATION EN AZOTE ET L'ESPACEMENT DES PLANTS

M.C. IGBOKWE ET J.C. OGBONNAYA

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR LES PLANTES-RACINES, UMUDIKE, UMUAHIA (NIGÉRIA)

Effets de 3 dosages de N (0, 40 et 80 kg/ha) sur des taros cultivés en plantation à Umudike, Nigéria, espacés de 80, 60 et 40 cm × 100 cm. Un traitement basal de P, K et Mg a été appliqué en quantités respectives de 40, 75 et 20 kg/ha. La production de tubercules et de bulbilles pour l'ensemble des peuplements a donné une augmentation moyenne de 4,47 t/ha avec le dosage de 40 kg/ha. Le rendement optimal de 8,99 t/ha a été obtenu avec le traitement de 40 kg/ha sur des plantes espacées de 60 cm × 100 cm. Cependant, la production moyenne de tubercules et de bulbilles pour l'ensemble des plantes, quel que soit l'espacement ou le dosage d'engrais, a été sensiblement identique sauf en ce qui concerne la hauteur des plantes qui a été plus élevée dans les peuplements à forte densité. L'accroissement du rendement chez les plantes amendées avec un dosage de 40 kg/ha de N s'est traduit par une augmentation de poids des tubercules de l'ordre de 15,3 kg/ha, ce qui signifie la récupération apparente de 38,3 % de la quantité de N. La production de racines intéresse davantage le nombre de bulbilles que de tubercules.

Three amounts of N (0, 40, and 80 kg/ha) were tested on cocoyam, *Colocasia* spp. planted at 80, 60, and 40 × 100 cm at Umudike, Nigeria. Basal dressings of P, K and Mg were given at 40, 75 and 20 kg/ha respectively. Averaged over all population means, application of N at 40 kg/ha increased yields of corms and cormels by 4.47 t/ha ($P = 0.05$). The largest yield increase of 8.99 t/ha due to N dressing was achieved with 40 kg/ha at a spacing of 100 × 60 cm. But when averaged over all N rates, the mean yields of corms and cormels with respect to the various spacings were not significantly different even though plant heights increased with population density. Observed significant increase in yield due to N was related to an extra 15.3 kg/ha taken up in the tuber when 40 kg/ha was given. This was equivalent to an apparent recovery of 38.3 % of the applied N. Tuber yields were more related to the number of cormels than of corms at harvest.

L'utilisation maximale des facteurs essentiels au développement de la récolte exige, entre autres, un espacement optimal des plants. Cette situation se réalise lorsque la densité de plantation permet d'utiliser le plus complètement possible les diverses composantes du rendement, comme le rayonnement solaire, les éléments fertilisants du sol, et l'eau.

Nous avons donc trouvé utile d'apprécier l'effet de l'espacement et l'action de l'engrais azoté sur le rendement et l'absorption de N par un de nos cultivars locaux de taro appelé Ede ofe, cultivé dans les conditions propres aux terres hautes, à Umudike (Nigéria).

MÉTHODES

Notre expérience s'est déroulée en terre franche sableuse dérivée de roche psammitique, à Umudike, de mai 1979 à février 1980. Entre autres caractéristiques, le pH de ce sol était de 5,3 et sa composition de 76,4 % de sable, 6,8 % d'argile, 16,8 % de limon, 1,35 % de carbone organique, 0,074 % d'azote total, 8,0 P utilisable (P–1 Bray), et cations échangeables : Ca 1,87, Mg 1,25, K 0,24 et Na 0,06 me/100g.

Le dispositif expérimental retenu est la méthode des blocs avec 3 répétitions. Les comparaisons ont porté sur quatre espacements, soit 100 × 80 ; 100 × 60 ; 100 × 40 et 100 × 30 (correspondant à 12 500 ; 16 666, 25 000 et 33 333 plants/ha) et sur trois doses d'azote, soit (0,40 et 80 kg/ha).

On a appliqué une fumure basale de 40,75 et 20 kg/ha de P,K, et Mg, respectivement. La hauteur des plants a été mesurée à 4,5 mois après la plantation et la récolte a eu lieu au bout de 8,5 mois.

Le pH du sol a été établi d'après le rapport 1 : 2,5 entre sol et eau, la texture par la méthode de l'hydromètre, le carbone organique par le procédé Walkley et Black, P utilisable de la façon décrite par Bray et Kurtz. Les cations échangeables totaux ont été extraits par lessivage à l'acétate d'ammoniaque neutre normal. N total des tubercules, bulbilles, et celui du sol a été dosé par la méthode de Kjeldahl.

Résultats et discussion

Rendements en tubercules et en bulbilles

La Figure 1 indique qu'à toutes les densités de plantation comparées les plus hauts rendements en tubercules et bulbilles ont été obtenus par l'apport de 40 kg N/ha. Cette dose, prise comme moyenne de toutes celles essayées, a augmenté les rendements de 4,47 t/ha, soit l'équivalent de 112 kg de tubercules et bulbilles par kg de N utilisé ($P = 0,05$). Avec un apport de N de 80 kg/ha, les rendements ont dépassé de 2,69 t/ha ceux des parcelles sans N. On s'explique mal cette différence en moins mais elle peut être imputable aux maladies ou à la verse.

Cependant, des essais multiples avec différentes doses de N s'imposent avant de pouvoir préciser le rapport existant entre le rendement et la fumure azotée. Dans notre expérience, nous n'avons essayé que trois doses de N, soit 0, 40 et 80 kg/ha. C'est trop peu pour démontrer si le schéma de réaction à N des rendements en tubercules et en bulbilles est mieux rendu par une courbe unie ou par l'intersection de deux lignes droites.

Des divers espacements que nous avons comparés, celui de 100 × 60 cm a donné le plus haut rendement moyen (10,1 t/ha). La différence de 2,55 t/ha entre le rendement obtenu à cet espacement et celui de 100 × 80 cm, qui a été le rendement moyen le plus faible (7,57 t/ha), n'était pas significative. Cependant le meilleur résultat obtenu à 100 × 60 cm s'accorde bien avec les observations de Arene et Okpala, qui ont relevé la plus basse fréquence de *Corticium rolfsii* chez *C. esculenta*, avec un espacement de 100 × 60 cm, comparativement à des fréquences élevées aux espacements de 100 × 80 et de 100 × 100 cm pour des plantations à faible profondeur. Eux aussi ont obtenu leurs meilleurs rendements à 100 × 60 cm d'espacement.

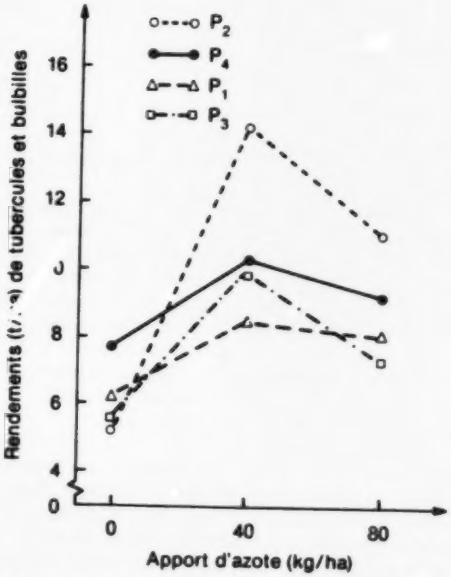


Fig. 1. *Influence de l'espacement et de l'apport de N sur les rendements en tubercules et bulbilles.*

Concentration et absorption de N et rapport avec le rendement

Le pourcentage de N dans les tubercules et bulbilles a varié de 1,39 à 2,1 (le même que celui de la protéine brute pour les céréales) et a été un peu plus élevé (1,90 %) à 80 kg N/ha qu'à 40 kg N/ha et que dans les témoins (1,6 %). À l'apport de 80 kg N/ha, a correspondu la plus forte absorption de N (45,9 kg/ha) même si le rendement total a été de 1,78 t/ha de moins qu'avec 40 kg N/ha. L'absorption moyenne de N par le taro pour un apport de 40 kg N/ha a été de 44,4 kg/ha, soit 15,3 kg/ha de plus que sans apport d'azote, ce qui représente une récupération apparente nette de 38,3 et 21 % par les tubercules et les bulbilles pour des apports, respectivement, de 40 et 80 kg N/ha. Il est à noter que le traitement qui a fourni la récupération apparente de N la plus considérable a été également celui qui a donné les plus hauts rendements en tubercules et bulbilles (40 kg N/ha). Pareillement, pour ce qui est des densités de plantation, l'absorption de N a été la plus considérable à l'espacement de 100 × 60 cm (47 kg N/ha), qui a aussi fourni les plus hauts rendements.

La Figure 2 montre que le rapport existant entre le rendement en tubercules et en bulbilles et l'absorption de N des tubercules peut s'exprimer par un modèle linéaire : $R^1 = 1,91598 + 0,16725 \times Nt$ dans lequel R^1 = rendement en tubercules et en bulbilles et Nt = absorption de N (en kg/ha) par les tubercules et les bulbilles.

Le coefficient de corrélation (r) a été de 0,8706 et le recul du rendement des éléments tubéreux par

Tableau 1. Nombre de tubercules et bulbilles en fonction de l'espacement et des apports de N (en kg/ha).

Espacements (cm)	Tubercules			Bulbilles		
	N_0	N_{40}	N_{80}	N_0	N_{40}	N_{80}
100 × 80	33	27	29	212	223	241
100 × 60	18	52	40	172	314	421
100 × 40	34	37	40	181	369	327
100 × 30	66	42	38	289	261	254

Tableau 2. Effets de l'espacement et des apports de N sur la hauteur (cm) de *Colocasia*.

Espacements (cm)	Hauteur de *Colocasia* (cm)			
	0 kg N/ha	40 kg N/ha	80 kg N/ha	Moyenne
100 × 80	55,8	78,8	82,5	70,3
100 × 60	60,5	81,0	72,6	71,4
100 × 40	66,0	82,5	70,8	73,1
100 × 30	78,3	80,0	77,1	81,4

rapport à l'absorption de N intervient pour 75,9 % de la variance.

Nombre de tubercules et de bulbilles et rapport avec le rendement

Le Tableau 1 donne le nombre de tubercules et de bulbilles, tel qu'il est influencé par l'espacement et l'apport de N. D'après la moyenne des divers espacements, l'azote a eu pour effet d'augmenter le nombre des bulbilles mais non celui des tubercules.

Le nombre des tubercules n'a représenté que 14 % du rendement total, et celui des bulbilles 86 %. Ces dernières ont été les plus abondantes à l'espacement de 100 × 60 cm. Autrement dit, la progression du rendement est largement attribuable au plus grand nombre des bulbilles. L'analyse régressive du rendement global a révélé que ces dernières représentaient 43,6 % de la variance, alors que les tubercules n'intervenaient que pour 21,9 %.

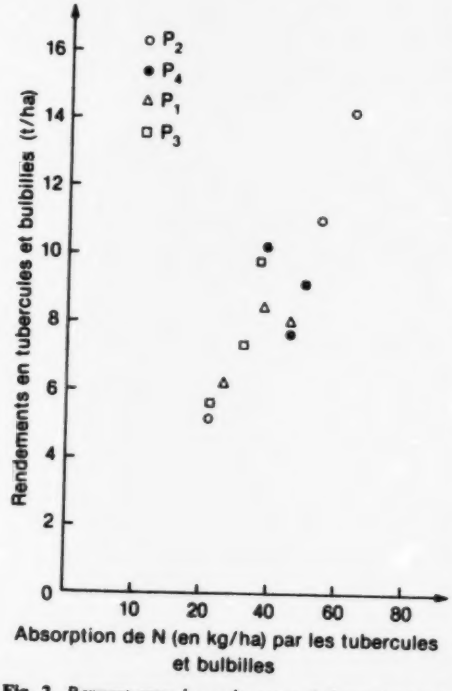


Fig. 2. *Rapport entre le rendement et l'absorption de N par les tubercules et les bulbilles de sp.* Colocasia.

Hauteur des plants, floraison et symptômes de carences

Le mesurage de la hauteur des plants, 4,5 mois après la plantation, a révélé que sp. *Colocasia* prenait plus de hauteur à mesure que son espacement dans les rangs diminuait. Par exemple, à l'espacement de 100 × 80 cm, la hauteur moyenne atteignait 70,3 cm, et 81,4 cm à l'espacement de 100 × 30 cm (Tableau 2). Ce fait résulte sans doute de la concurrence entre les plants pour capter les rayons du soleil. L'azote a eu également un effet sur la hauteur des plants. *Colocasia* enrichie de 40 kg N/ha dépassait de 14,9 cm la hauteur des plants non fertilisés (65,1 comparativement à 80,0 cm). Ainsi, le manque d'azote se révélait par le dépérissement des plants et la chlorose généralisée des feuilles. Les feuilles inférieures mouraient assez rapidement.

Dans des conditions de culture normale, on a noté que la floraison était plus abondante dans les parcelles ayant reçu un apport de N que dans celles n'en ayant pas reçu. L'espacement n'a pas eu d'effet notable sur la floraison (Tableau 3).

Comme cette étude n'a qu'un caractère préliminaire, des travaux plus approfondis s'imposeront concernant l'effet combiné de la densité de la population et des engrais sur les diverses variétés de taro

Tableau 3. Effets de l'apport de N sur la floraison de 12 parcelles de *Colocasia*.

Azote (kg/ha)	Parcelles où la floraison a été observée	Plants en fleurs	Moyenne (%)
0	6	17	4,3
40	11	47	11,8
80	8	29	7,3

cultivées dans les régions écologiques du Nigéria. Les recherches sont particulièrement indiquées pour la zone du sud-est où les précipitations annuelles dépassent fréquemment 200 cm, entraînant le lessivage de l'azote naturel ou apporté. La nature sablonneuse du sol, sa faible teneur en matières organiques, en azote total et en phosphate, font craindre que ces éléments fertilisants, entre autres, ne continuent d'être déficients.

Le Directeur de l'Institut national de recherches pour les plantes-racines, Umudike, nous a autorisés à présenter cet exposé. Nos remerciements à M. Odurukwe pour son assistance dans les analyses statistiques et à M. Arene pour ses précieux conseils.

ABRÉGÉS

Nous mentionnons ci-après quelques exposés présentés sous forme abrégée durant le symposium.

PROGRAMME DE RECHERCHES SUR LE MANIOC AU LIBÉRIA

MALLIK A-AS-SAQUI

PROGRAMME D'AMÉLIORATION DES PLANTES-RACINES ET TUBERCULES, INSTITUT CENTRAL DE RECHERCHE AGRICOLE, SUAKOKO (LIBÉRIA)

Le manioc (*Manihot esculenta cranz.*), est après le riz la plus importante culture du Libéria; aussi, l'Institut central de recherche agricole du Ministère de l'agriculture a établi un programme de recherche sur le manioc en participation avec l'Institut international d'agriculture tropicale, en vue d'en améliorer la qualité et les rendements. Des milliers de génotypes de manioc ont été introduits, sélectionnés et évalués. Les clones sains à rendement élevé déjà sélectionnés sont actuellement à l'étude dans diverses conditions écologiques avant d'être distribués aux cultivateurs. Les résultats actuels et les performances de la plupart des clones introduits par l'IITA font espérer le succès du programme de recherche sur le manioc au Libéria.

Because cassava is second only to rice in importance as a food crop in Liberia, a cassava research program has been initiated at the Central Agricultural Research Institute of the Ministry of Agriculture in collaboration with the International Institute of Tropical Agriculture with aims at improvement in the yields and quality of the crop. Therefore, thousands of cassava genotypes have been introduced for selection and evaluation. Already some disease-free high yielding clones have been identified, and they are under further study in different ecological conditions of the country before their release to the farmers. Present results and performances of most of the introduced clones from IITA show excellent future for a successful cassava program in Liberia.

EFFETS DE LA MOSAÏQUE SUR LES RENDEMENTS DE MANIOC

GODFREY CHAPOLA

STATION DE RECHERCHE DE BVUMBWE, LIMBE (MALAWI)

Des boutures de deux cultivars de manioc dont les pieds mères ne présentaient aucun signe léger, modéré ou grave d'attaque de mosaïque ont été plantées dans une parcelle d'essai. Tous les mois, les plants ont été arrosés avec un insecticide. La moyenne des pertes de rendement obtenues au cours des deux saisons d'expérience, par rapport à la culture-témoin, a été de 7%, 51% et 66% pour le cultivar *Gomani* ; de 23%, 72% et 82% respectivement chez les cultivars *Mbumdumali* atteints de mosaïque sous forme légère, modérée et grave.

Cassava stakes of two cultivars taken from mother plants showing no mosaic, mild, moderate, and severe cassava mosaic symptoms were planted in a split plot design experiment. The plants were sprayed with an insecticide monthly. For two seasons, average yield losses over the control were 7%, 51%, and 66% for the cultivar Gomani; and 23%, 72%, and 82% for cultivar Mbumdumali for the mild, moderate, and severe symptom source stakes, respectively.

Effets des engrais verts sur les rendements de manioc

James S. Squire

Ministère de l'agriculture, Comté de Grand Bassa (Libéria)

Les engrais verts sont des légumineuses ou des plantes riches en éléments nutritifs cultivées uniquement dans le but d'amender les terres au moyen d'un labour d'enfouissement. Cette méthode est utilisée en Chine où elle remplace les engrais chimiques plus coûteux. L'incidence des engrais verts sur une variété locale de manioc (ME2) cultivée sur un sol sablo-argileux riche est étudiée dans le cadre du projet sur les tubercules et les racines du Nigéria. L'objet de l'étude est la détermination de l'impact sur les rendements en pousses et en racines. Les études ont été effectuées sur deux parcelles d'essai : la première a été plantée d'arachides et la seconde, parcelle-témoin, a été laissée en jachère. Après la récolte d'arachides, les deux terrains ont été hersés, labourés et plantés de manioc un peu plus tard. Vingt-trois échantillons de pousses et de tubercules ont été recueillis, 5, 6 et 14 mois suivant la plantation. Preuve a été faite à chaque observation, que les rendements étaient plus élevés sur la parcelle amendée que sur la parcelle-témoin.

Green manure is a legume or other nutrient-rich crop that is grown for the sole purpose of fertilization and is plowed into the field instead of being harvested. It is used in China as a substitute for the more expensive chemical fertilizers. As part of the Root and Tuber Project in Liberia, I studied the effects of green manure on a local variety of cassava (ME2) grown in rich sandy loam. My aim was to determine the effects on root and shoot yield. The experiment was done on two plots; on one, peanut was planted, and the other — the control — was left fallow. When the peanut was ready for harvest, both plots were plowed and harrowed. Later, cassava stakes were planted on the plots. At 5, 6, and 14 months after the planting date, I weighed shoots and roots from 23 samples. At all sampling times, the root and shoot yields for the manured plot were greater than those for the control.

La suppression du tuteurage et des sarclages comme moyens de réduire les problèmes de main-d'oeuvre

I.C. Onwueme

Département des cultures vivrières, Université d'Ife, Ile-Ife (Nigéria)

Les années de recherche que l'Université d'Ife (Nigéria) a consacrées à la culture de l'igname ont débouché sur la mise au point d'un ensemble économique qui en permet la production avec une économie de travail considérable. Deux opérations laborieuses ont été supprimées, le tuteurage et le sarclage. Les trois opérations principales de cet ensemble sont le désherbage par une seule application d'amétryne et de Paraquat entre 3 et 6 semaines après la plantation ; une forte densité de plantation, soit à peu près 20 000 plants par hectare ; la culture sans tuteur d'aucune sorte. L'application de l'ensemble agricole à des semenceaux de *Dioscorea alata* de 150 g a donné une récolte comparable à celle obtenue par les pratiques traditionnelles avec sarclage et tuteurage. Les essais réalisés avec des semenceaux de 300 g ont donné des rendements plus faibles, largement compensés par l'économie de travail. On apporte actuellement les dernières améliorations à ce nouveau procédé.

Research over several years at the University of Ife, Nigeria, has led to the evolution of an agronomic package for yam production with minimum labour. The laborious processes of staking and hoe (hand) weeding are completely eliminated. The three essential aspects of the package are controlling weeds by a single application of ametryne and paraquat at 3–6 weeks after planting date; planting the crop at high density (~20 000 stands/ha); and growing the crop without any stakes or supports whatsoever. With 150-g setts of *Dioscorea alata*, the new package has yielded as well as the conventional system where staking and hoe-weeding are practiced. With 300-g setts, the new package yielded lower, but the savings in labour adequately compensate for the yield decline. Further refinements to the new labour-saving package are in progress.

RÉSUMÉ
DES DISCUSSIONS

Stratégies de recherches pous les années 1980

Diverses difficultés font obstacle à l'amélioration de toutes les plantes-racines en Afrique, entre autres les restrictions imposées aux échanges de matériel génétique entre scientifiques de différents pays, et le manque de personnel qualifié. Étant donné la variété et l'importance de ce matériel génétique concernant les plantes-racines, même d'ordre secondaire, disséminé dans tout le continent, il serait de la plus haute utilité de pouvoir le réunir, le concentrer, l'évaluer, et, éventuellement, le répartir entre tous les pays africains. Toutefois, ces tâches exigeant la collaboration des services de quarantaine, la Société internationale pour les plantes-racines tropicales — Direction Afrique, de concert avec le Conseil phytosanitaire inter-africain, devra trouver les moyens de faciliter ces échanges avec le maximum de sécurité. Pour utiliser tout le potentiel des cultivars de plantes-racines, les scientifiques devront étudier les résultats de l'interaction des génotypes et de l'environnement, en fonction des diverses régions agroécologiques. On devra également améliorer l'élasticité de la demande d'après le revenu pour les diverses plantes-racines afin qu'elle puisse soutenir la comparaison avec les autres cultures vivrières, notamment les céréales. La stratégie devra donc se concentrer sur l'obtention de nouvelles techniques de transformation, de conditionnement, de conservation et de commercialisation des produits dérivés des plantes-racines, à l'intérieur de chaque pays et entre pays étrangers. Enfin, on doit pouvoir recruter un plus nombreux personnel spécialisé dans ce domaine de l'agriculture. À cette fin, les programmes actuels de formation devront être intensifiés de façon à répondre aux besoins de la recherche, de la vulgarisation et de la production des récoltes de plantes-racines.

Manioc

Vu l'importance du manioc parmi les cultures vivrières les plus pratiquées en Afrique, et reconnaissant la somme d'études déjà accumulée à son sujet par différents centres de recherche, en particulier l'IITA, à Ibadan, l'INRPR, à Umudike et PRONAM au Zaïre, les participants recommandent :

- Que, dans l'étude des moyens de lutte antiparasitaire, on poursuive activement la sélection de variétés de manioc résistantes à la cochenille et à la teigne, qui sont actuellement les insectes les plus dangereux ; et que l'on poursuive également les recherches sur les moyens biologiques, culturaux et chimiques de lutte contre ces parasites ;
- Que, dans leurs études sur les maladies, les scientifiques utilisent des génotypes uniformes en recourant aux cultures de tissus que l'IITA peut leur offrir actuellement, et qu'ils fournissent des informations détaillées sur l'environnement pour que les résultats soient comparables rationnellement ;

- Que les pertes de rendement dues aux maladies soient établies dans une perspective interdisciplinaire vis-à-vis des régions écologiques locales ;
- Que l'on explore en profondeur la valeur nutritive des feuilles et des parties tubéreuses des nouvelles variétés, en particulier leur acceptation par les consommateurs ; et que l'on évalue les qualités de génotypes encore peu connus mais possiblement importants, comme le manioc à chair jaune (*Bankye Borode*) ;
- Que l'on étudie et utilise éventuellement pour étendre la culture du manioc les zones agroécologiques déterminées par la FAO concernant cette plante-racine ;
- Que, dans le cas des cultures mixtes, on tienne compte, dans l'évaluation du procédé, de la destruction des plantes adventices, de la conservation du sol et des facteurs économiques ;
- Que les recommandations concernant la fumure chimique tiennent compte du degré de fertilité des sols.

Igname

Plusieurs exposés et discussions en comité ont laissé entendre que la culture de l'igname serait menacée de disparaître. Toutefois, de l'avis général, on continuera de cultiver cette plante-racine, aussi longtemps qu'elle trouvera des consommateurs et fera partie intégrante du régime alimentaire et des coutumes de plusieurs pays africains. Les participants ont cependant cité plusieurs obstacles économiques relatifs à sa culture. Ils ont admis également que les perspectives d'amélioration de l'igname sont restreintes par le manque d'informations scientifiques essentielles et par la rareté des spécialistes intéressés. Les moyens recommandés pour améliorer l'igname et en développer la production ont donc été :

- Que des efforts soient faits pour obtenir des pouvoirs publics plus de collaboration et d'appui dans la recherche relative à l'igname ;
- Que les organismes donateurs soient encouragés à contribuer activement aux recherches concernant l'igname ;
- Que la recherche se concentre sur le choix de cultivars dont les caractéristiques permettraient de réduire les obstacles à une production économique, comme le tuteurage et la récolte à la main.

Taros (*Colocasia* et *Xanthosoma*)

Malgré leur importance dans l'alimentation de nombreux Africains les taros n'ont reçu jusqu'ici que peu d'attention, et la recherche les concernant ne revêt que peu d'importance. Les participants ont reconnu la nécessité d'efforts beaucoup plus considérables dans le sens d'une amélioration des variétés et de leur rendement. Ils ont recommandé notamment :

- Que l'on définisse les éléments pertinents d'une technologie globale destinée à augmenter la production ;
- Que l'on mette au point des méthodes de production de matériel de plantation sain ;
- Que l'on sélectionne des cultivars ayant des qualités supérieures de manipulation et de conservation une fois récoltés et qu'on en encourage l'usage.

Patate douce

La patate douce acquiert de plus en plus d'importance dans les régimes culturaux des tropiques humides. Cependant, il reste à surmonter divers problèmes particuliers à sa culture, tels que sa sensibilité aux attaques des charançons et des maladies virales. Il reste à explorer plus à fond, également, l'immense potentiel alimentaire et la richesse protéique des feuilles. Les participants ont donc recommandé :

- Que l'on étudie les mesures appropriées pour combattre les dégâts des charançons et des maladies virales : et
- Que la sélection s'attache à produire des variétés à rendement élevé, avec des tubercules et des feuilles d'une valeur nutritive supérieure.

BIBLIOGRAPHIE

Adeniji, M.O. 1970. Fungi associated with storage decay of yam in Nigeria. Phytopathology, 60, 590–592.

Adesuyi, S.A. 1976. The use of gamma radiation for control of sprouting in yams *Dioscorea rotundata* during storage. Nigerian J. Plant Protection 2, 34–39.

1973. Advances in yam storage research in Nigeria. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

Adrian, J. 1969. Le dosage microbiologique des vitamines du groupe B. Cah. Techn. CNERNA (Paris). 183 p.

Afable, L.A. 1971. The preparation of Ubi powder. Philippine J. Plant. Ind., 35, 19–25.

Agboola, S.A. 1979. An agricultural atlas of Nigeria. Oxford, England, Oxford University Press.

Ahmad, M.I. 1963. Potentiel fodder and tuber yields of two varieties of tapioca. Malays. Agric. J., 49, 166–174.

Ahn, P.M. 1970. West African soils, 3rd edition, Oxford, England, Oxford University Press.

Akinrele, I.A. 1964. Fermentation of cassava. J. Sci. Fd. Agric., 15, 589–594.

Akobundu, I.O. 1977. Weed control in root and tuber crops. Paper presented at the 7th Conference of the Weed Science Society of Nigeria.

Albuquerque, M. de 1977. Mealy bug attack on cassava in Amazonia. *In* Cock, J., MacIntyre R., and Graham, M., ed., Proceedings of the Fourth Symposium on the International Society for Tropical Root Crops Held at CIAT, Cali, Colombia, 1–7 August 1976, Ottawa, IDRC, IDRC-080e, 207.

1976. Cochonilha em mandioca na Amazonia. Belem, Brazil, EMBRAPA-CPATU (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

Alexander M. 1961. Introduction to soil micro-biology. New York, U.S.A. John Wiley and Sons. 472 pp.

Allan, W. 1965. The African husbandman. London, England, Oliver and Boyd.

Ambe-Tumanteh, J. 1980. Preliminary investigation into the relationship between soil nutrient status, pest nutrient uptake and cassava mosaic disease symptom expression in a cassava local cultivar, Isunikakiyan. Ibadan, Nigeria, University of Ibadan. (Thèse de maîtrise)

Amon, B.O.E., et Adetunji, S.A. 1973. Response of maize, yam and cassava to fertilizers in a rotation experiment in the savannah zone of western Nigeria. Nigerian Agric. J., 10, 91–105.

Anambra State, Nigeria. Wholesale and retail prices of commodities. Enugu, Nigeria, Ministry of Finance and Economic Development, Statistics Division.

Andrew, D.J. 1975. Intercropping with sorghum. Samaru Research Bull., 238.

Annecke, D.P., Karny, M., et Burger, W.A. 1969. Improved biological control of the prickly pear *Opuntia megacantha* in South Africa through the use of an insecticide. Phytophylactica, 1(1), 9–13.

Antonova, S.P. 1940. Anthracnose of garden pea. Leningrad, USSR. Abstr. Bull, Plant Protect., 133–136.

Anyanru, D.K.G. 1976. Interactions among roots of oat population heterogenous for reaction to *Helminthosporium victoriae*. Nigerian J. Plant Protection, 1(1), 58–67.

Arene, O.B. 1980. Etiology and control of cocoyam disease in Nigeria caused by *C. rolfsii* (Sacc) Curzi. Nsukka, Nigeria, University of Nigeria. 241 p. (Thèse de doctorat)

1974. A short epistemology of some diseases of cassava in Nigeria. Umudike, Umuahia, Nigeria, Federal Agricultural Research Training Station Technical Bulletin 1. 36 p.

Arima, K., et Oka, T. 1975. Cyanide resistance in *Achromobacter*. I: Induced formation of cytochrome a_2 and role in cyanide-resistant respiration. J. Bacteriol., 90, 734–743.

Arthur, J.C. 1975. Rot in ripe tomatoes. N.Y. (Geneva), Agric. Expl. Stn. Ann. Rep., 3, 380–382.

Atayi, E.A., et Knipscheer, H.C. 1980. Survey of food-crop farming systems in the "ZAPI-EST", East Cameroon. Ibadan, Nigeria, IITA/ONAREST. (Sous presse)

Atta-Konadu, Yadom Kwasi. 1974. Economics optima in resource allocation for smallholder subsistence farming in Ghana. East Lansing, USA, Michigan State University. (Thèse de doctorat)

Azih, V.A. 1976. Effect of different rates of N, P and K fertilizers on the yield and storage quality of yellow yam, *Dioscorea cayenensis*. J. Root Crops, 2(2), 1–6.

Bachmann, E., et alii. 1979. Yam based farming systems in the humid tropis of Southern Nigeria. Ibadan, Nigeria, IITA, Agricultural Economics, Discussion Paper 2/79.

Bailey, A.G. 1966. A check list of plant diseases in Nigeria. Ibadan, Nigeria, Federal Department of Agricultural Research, Memorandum 96, 36 p.

Balakrishnan, R. and Sundararaj, J.S. 1967. A note on the optimum stage of harvest in tapioca (*Manihot utillissima* L.). Madras Agric. J., 54, 539–540.

Bancroft, T.A. 1968. Topics in intermediate statistical methods. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press, 1.

Barnes, H.E. 1935. Some new coccid-eating gall midges (*Cecidomyiidae*). Bull. Ent. Res., 20, 433–442.

Bassey, E.A. 1950. Morphology and taxonomy of fungi. New York, USA, Hefner Publishing Co. 581 p.

Beck, B.D.A. 1960. Cassava trials on Moor Plantation. Ann. Rep. Agric. Res. Nigeria, 1958–59, 11.

Beech, F.W. 1969. The interrelations between yeast strain and fermentation conditions in the production of cider from apple juice. *In* Supplement: Yeast Symposium, Antonie van Leeuwenhoek, 35, 2.

Benassy, C. 1961. Contribution à l'étude de quelques facteurs écologiques sur la limitation des pullulations de cochenilles diaspines. Ann. INRA, Ser. C., Epiph., H.S. 1, 157 p.

Bennett, F.D., et Greathead, D.J. 1978. Biological control of the mealybug *Phenacoccus manihoti*: prospects and necessity. *In* Brekelbaum, T., Belloti, A., and Lozano, J.C., ed., Proceedings: Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7–12 November 1977, Cali, Colombia, CIAT, 181–194.

Bennett, F.D., et Yaseen, M. 1980. Investigations on the natural enemies of cassava mealybugs (*Phenacoccus spp.*) in the neotropics. Curepe, Trinidad, Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC). Final Report, April 1977–March 1980, 19 p.

Best, A., et de Blij, H.J. 1977. African survey. New York, USA, John Wiley and sons.

Beza, W.G. 1978. Rumphi divisional report on general agricultural development. (Inédit)

Bissett, F.H., Clapp, R.C., Coburn, R.A., Ettlinger, M.G., et Long, L. Jr. 1969. Cyanogenesis in manioc: concerning lotaustralin. Phytochem., 8, 2235–2247.

Black, C.A. 1968. Soil-plant relations. New York, USA, John Wiley and sons, 782 p.

Blackman, G.E. 1962. The limit of plant productivity. Rep. E. Mallings Res. Stn., 39–50.

Blackman, G.E., et Black, J. 1959. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. XII: The role of the light factor in limiting growth. Rep. E. Malling Res. Stn., 23, 131.

Blackman, G.E., Black, J.N., et Kemp, A.W. 1955. An analysis of the effects of seasonal variation in daylight and temperature on the growth of *Helianthus annuus* in the vegetative phase. Ann. Bot., 15, 63.

Blackman, G.E., et Templeman, W.G. 1938. The nature of competition between cereal crops and annual weeds, J. Agric. Sci., 28, 247–271.

Bock, K.R., et Guthrie, E.J. 1976. Recent advances in research on cassava viruses in East Africa. In Nestel, B.L., African Cassava Mosaic: Report of an Interdisciplinary Workshop Held at Maguga, Kenya, 19–22 February 1976, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-071e, 11–16.

Bock, K.R., Guthrie, E.J., et Meredith, Gina. 1978. Distribution, host range, properties and purification of cassava latent virus, a gemini virus. Ann Appl. Biol., 90, 361–367.

Bolhuis, G.G. 1966. Influence of length of illumination period on root formation in cassava (*Manihot utillissima* Pohl.). Neth. J. Agric. Sci., 14, 251–262.

1952. L'emploi de la réaction par la couleur de Guignard dans la sélection du manioc. Rev. Int. Bot. Appl. Agric. Trop. (Paris), 32 (361–362), 559–564.

Boswell, T.E. 1958. Studies on the effect of some conditions upon the germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* Sacc. College Station, Texas, USA. Texas A & M University. (Thèse de maîtrise)

Bousser, R., et Bernier, E. 1965. Procédé de fabrication d'un produit alimentaire tropical précuit à base de racine d'igname ou de manioc ou de banane plantain. Ext. Bull. Off. Prof. Ind. (Paris), 16, 4960–4961.

Boyle, L.W. 1961. The ecology of *Sclerotium rolfsii* with special emphasis on the role of saprophytic media. Phytopathology, 51, 117–119.

Bozarth, R.F., Lana, A.O., Koenig, R., et Resse, J. 1977. Properties of the Nigerian and Ivory Coast strain of Okra mosaic virus. Phytopathology, 67, 737–737.

Brewbaker, J.L., et Kwack, B.H. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. Am. J. Bot., 50, 859–865.

Brook, R.H. 1979. Short notes on climatic types and major soils in the humid tropics. Amsterdam, Netherland, Royal Tropical Institute, 14 p. (Miméo.)

Brown, D.H. 1931. Cultivation of yam. Trop. Agric. Trinidad, 8, 201–206; 8, 231–236.

Brown, H.D. 1972. Predaceous behaviour of four species of *Coccinellidae* associated with wheat aphid *Schizaphis graminum* in South Africa. Trans. Roy. Ent. Soc., 124(1), 21–36.

Buchanan, R.E., et Gibbons, N.E., ed., 1974. Bergey's manual of determinative bacteriology, 8 edition. Baltimore, Maryland, USA, Williams and Williams Co.

Buddenhagen, I.W. 1977. Resistance and vulnerability of tropical crops in relation to their evolution and breeding. Ann. N.Y. Acad. Sci., 287, 309–326.

Buddenhagen, I.W., et Elsasser, T.A. 1962. An insect-spread bacterial wilt epiphytotic of Bluggoe banana. Nature, 194, 164–165.

Burkhill, I.H. 1938. The contact of the Portuguese with African food plants, which gave words such as "yam" to European languages. Proc. Linn. Soc. Lond., 150, 84–95.

Burns, J.C., Smith, L.H., Moline, W.J., Wedin, S.F., Noller, C.H., et Rhykerd, C.L. 1970. Quantification of hydrocyanic acid in green foliage. Crop Sci., 10, 578–581.

Burton, C.L. 1970. Diseases of tropical vegetables on the Chicago market. Trop. Agric. Trinidad. 47, 303–313.

Buxton, E.W. 1957. Differential rhizosphere effect of three pea cultivars on physiologica, races of *Fusarium oxysporum f. pisi*. Trans. Br. Mycol. Soc., 40, 305–317.

Campbell, J.S., Chukwueke, V.C., Tariba, F.A., et Ho-A-Shu, H.V.S. 1962. Some physiological investigations into the white Lisbon yam (*Dioscorea alata* L.). II: Growth period and out-of-season production. Emp. J. Expl. Agric., 30, 232–238.

Campbell, L.G. 1967. Prospects for mechanization of yam growing. *In* Coursey, A.G., ed., Yams, London, England, Longmans, 230 p.

Carew, L.B., Hill, F.W. et Nesheim, M.C. 1963. The relationship of dietary energy level and density to the growth response of chicks to fats. Poult. Sci., 42(3), May, 710–781.

Carmody, A. 1900. Prussic acid in sweet cassava. Lancet, 1, 736–737.

Centre for Overseas Pest Research. 1978. Pest control in tropical roots crops. London, England, PANS Manual 4.

Chant, S.R. 1959. Studies on the transmission of cassava mosaic virus by *Bemisia* spp. (Aleyodidae). Ann. Appl. Biol., 46, 210–215.

Chapman, T. 1965. Some investigations into factors limiting yields of the white Lisbon yam (*Dioscorea alata* L.) under Trinidad conditions. Trop. Agric. Trinidad, 42, 145–151.

Chapola, G. 1979. The effect of severity of mosaic on yield of cassava. (Inédit)

Ciacco, C.F., et D'Appolonia, B.L. 1978. Baking studies with cassava and yam flour. I: Biochemical composition of cassava and yam flour. Cer. Chem., 55, 402–411.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1980. Annual Report

1979, Annual Report, Cali, Colombia, CIAT.

1977, Annual Report. Cali, Colombia, CIAT.

1976, Annual Report. Cali, Colombia, CIAT.

1975, Annual Report. Cali, Colombia, CIAT.

1974, Annual Report. Cali, Colombia, CIAT.

1973, Annual Report. Cali, Colombia, CIAT, 60–118.

1972, Annual Report. Cali, Colombia, CIAT.

Ciferri, R. 1933. Le malathie della manioca (*manihot esculenta* Crantz) in San Domingo. II: La malattia macchie fogliari circolar *Helminthosporium hispaniolae* Cif. Bolletino della stazione di Patologia Vegetale di Roma, 13, 261–307. (Résumé anglais)

Clausen, R.R. 1912. A new fungus concerned in wither tip of varieties of *Citrus medica*. Phytopathology, 2, 217–234.

Cobley, L.S. et Steele, W.M. 1976. An introduction to botany of tropical crops, 2 edition. London, England, English Language Book Society and Longmans, 123–128.

Cochrane, V.W. 1958. Physiology of fungi. New York, USA, John Wiley and Sons. 524 p.

Collard, P. 1963. A species of *Corynebacterium* isolated from fermenting cassava roots. J. appl. Bact., 34, 81–93.

Collard, P., et Levi, S. 1959. A two stage fermentation of cassava, Nature, 183, 620–621.

Collins, C.H. et Lyne, P.M. 1976. Microbiological methods, 4 edition. London, England, Butterworths, 107–108; 169–193.

Conn, E.E. 1973. Cynogenic glycosides: their occurrences, biosynthesis and function. In Nestel, B., and MacIntyre, R., ed., Chronic Cassava Toxicity, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-010e, 53–63.

1969. Cyanogenic glycosides. J. Agric. Fd. Chem., 17, 519–526.

Cooke, R.D. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). J. Sci. Fd. Agric. 29, 345–352.

Cooke, R.D., Howland, A.K., et Hahn, S.K. 1978. Screening cassava for low cyanide using an enzymatic assay. Expl. Agric., 14, 1–6.

Cooke, R.D., et Maduagwu, E.N. 1978. Effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. J. Fd. Tech., 13 (4), 299–306.

Coop, I.E. 1940. Cyanogenesis in white clover (*Trifolium repens* L.). III: A study of linamarase, the enzyme which hydrolyses lotaustralin, N.Z.J. Sci. Tech., 22B, 71–83.

Coursey, D.G. 1973. Cassava as food: toxicity and technology. In Nestel, B., and MacIntyre, R., ed., Chronic Cassava Toxicity, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-010e, 27–36.

1968a. Low temperature injury in yams. Food Tech., 3(2), 143–150.

1968b. The edible aroids. World Crops, September, 3–8.

1967a. Yam storage. I: A review of yam storage practices and information on storage losses. J. Stored Product Research, 2, 229–244.

1967b. Yams. An account of the nature, origins cultivation and utilisation of the useful members of Dioscoreaceae. London, England, Longmans, 230 p.

Coursey, D.G. et Aidoo, A. 1966. Ascorbic acid levels in Ghanaian yams. J. Sci. Fd. Agric., 17, 446–449.

Coursey, D.G., et Haynes, P.H. 1970. Root crops and their potential as food in the tropics. World Crops, 22(5), 261–265.

Cowan, S.T., et Steel, K.J. 1970. Manual for the identification of medical bacteria. London, England, Cambridge University Press.

Cresswell, B.C. 1978. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) as a feed for pigs and poultry: a review. Trop. Agric. Trinidad, 55, 273–282.

Curl, E.A., Rodriquez-Kebana, R., et Funderburk, H.H. 1968. Influence of atrazine and various carbon and nitrogen amendments on growth of *Sclerotium rolfsii* and *Trichoderma viridae* in soil. Phytopathology, 58(3), 323–328.

Dadant, R. 1963. Contribution à l'étude du pourridié du caféier causé par le *Clitocybe elegans* Heim à Madagascar. Ses relations avec le *Trichoderma viridae*. Pers. Rev. Mycol., 28(2), 95.

Dambleton, L.J. 1954. A list of plant diseases recorded in South Pacific territories. APC Tech. Paper, 78.

Daniel, J.F., and Boher, B. 1978. Ecology of cassava bacterial blight: epiphytic survival of *Xanthomonas manihotis* on aerial part of the cassava plant. Paper presented at the 4th International Conference on Plant athogenic Bacteria, Angers, France, 2, 763–771.

Daniel, J.F., Boher, B., Mabanza, J., et Makambila, C. 1978. Cassava bacterial blight in the Congo: etiology, epidemiology and control. *In* Terry, Eugene R., Persley, Gabrielle J., and Cook, Sheila C.A., ed., Cassava Bacterial Blight in Africa, Workshop Proceedings, Ibadan, Nigeria, IITA.

Dapper, O. 1668. Description de l'Afrique 1668 Wolgang, Trad. du flamand, 314.

Delatour, C. 1969. Quelques observations sur le pourridié

des Eucalyptus dans le nord de la Tunisie. Ann. Inst. Nat. Rech. For. Tunisie, 2(2), 8.

Delgado, C.L. 1979. The southern fulani farming system in Upper Volta: a model for integration of crop and livestock production in the West African savannah. East Lansing, USA, Michigan State University Press. African Rural Economy Paper 21.

Department of Agriculture, 1979. Annual research report, 1977. Fiji, Department of Agriculture.

Devendra, C., et Hew, V.F. 1977. MARDI research bulletin, Selangor, Malaysia, Malaysian Agricultural Research and Development Institute, 5, 80–89.

Devos, F., et Wilson, G.F. 1978. Productivity and efficiency of plantain cocoyam intercropping. Paradisiaca, 3, 6–11.

de Vries, C.A., Ferwede, J.D., et Flach, W. 1967. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. Neth. J. Agric. Sci., 15, 241.

Diebel, R.H., Evans, J.B., et Niven, C.F. 1957. Microbiological assay of thiamin using *Lactobacillus viridescens*. J. Bacteriol., 74, 818–821.

Diehl, L., et alii, 1979. Yam based farming systems in the southern Guinea savannah of Nigeria. Ibadan, Nigeria, IITA, Agricultural Economics, Discussion Paper 1/79.

Doku, E.V. 1969. Cassava in Ghana. Accra, Ghana Universities Press. 57 p.

1967. Are there any alternatives to the traditional bush fallow system of maintaining soil fertility? Ghana Farmer, 11, 27–30.

1966. Root crops in Ghana. Ghana J. Sci., 6(1), 15–36.

Doolittle, S.P. 1943. Tomato diseases. Washington, D.C., USA. USDA (United States Department of Agriculture). Farmer's Bull.

Doreste, E., Arias, C., et Bellotti, A. 1978. Field evaluation of cassava cultivars for resistance to tetranychid mites. *In* Brekelbaum, T., Bellotti, A., and Lozano, J.C., ed., Proceedings: Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7–12 November 1977, Cali Colombia, CIAT, 161–164.

D'Souza, T.F., et Moniz, L. 1968. Root rot of *Colocasia antiquorum* Schott caused by *Botryodiplodia theobromae* Pat. in Maharashtra State. India J. Microbiol., 8, 45–46.

Edwards, D.G., et Kang, B.T. 1978. Tolerance of cassava to high soil acidity. Field Crops Res., 1, 337–346.

Edwards, D.T., et Cropper, J. 1967. An economic view of the development of new production systems (with particular reference to root crops in the West Indies). Paper presented at the 1st Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, University of the West Indies, St-Augustine, Trinidad, 2–8 April 1967, 2(5), 57–66.

Eggum, B.O. 1970. The protein quality of cassava leaves. Br. J. Nutr., 24, 761–768.

Ekandem, M.J. 1962. Cassava in Nigeria, part 1. Eastern Nigera, Federal Department of Agriculture Research, Memorandum 42.

El-dash, A.A. Tosello, A., et Rao G. 1978. Pregelatinized cara (water yam) flour; effect of dough and bread quality. Cer. Chem., 55, 799–808.

Enrique, F.Q., et Ross, E. 1967. The value of cassava root meal for chicks. Poult. Sci., 46, 622–626.

Epps, W.N., Patterson, J.C., et Freeman, I.E. 1951. Physiology and parasitism of *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology, 41, 245–256.

Evans, G.C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. Oxford, England, Blackwell Scientific Publications. 734 p.

Extension Aids. 1969. Agriculture of Malawi, Government Printers.

Eze, J.M.O. 1973. The vegetative growth of *Helianthus annuus* and *Phaseolus vulgaris* as affected by seasonal factors in Freetown, Sierra Leone. Ann. Bot., 37, 313–329.

Ezeilo, W.N.O. 1977. The effect of fertilizers and other inputs on yield and nutritive value of cassava and other tropical root crops. *In* IPI Colloquium, Fertilizer Use and Production of Carbohydrates and Lipids, York, U.K. IPI Colloquium, 193–207.

Ezeilo, W.N.O., Flinn, J.C., et Williams, L.B. 1975. Cassava producers and cassava production in the East Central State of Nigeria, Ibadan, Nigeria, IITA. (Miméo.)

Ezumah, H.C., Haynes, P.H., et Nwanze, K.F. 1978. Selections for resistance to the cassava mealybug and effects of some cultural practices on incidence and severity in Bas-Zaire. (Miméo.)

Ezumah, H.C., et Knight, A. 1978. Some notes on the mealybug (*Phenacoccus manihoti*, Mat. Ferr.) incidence on manioc (*Manihot esculenta*) in Bas-Zaire. *In* Nwanze, K.F., and Leuschner, K., ed., Proc. Int. Workshop, INERA, M'vuazi, Zaire, 7–14.

Ezumah, H.C., et Sebasigari, K. 1976. Control of cassava bacterial blight in Zaire. *In* Persley, G., Terry, E.R., and McIntyre, R., ed., Cassava Bacterial Blight: Report of an Interdisciplinary Workshop Held at IITA, Ibadan, Nigeria, 1–4 November 1976, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-096e, 20–21.

Fa'Anunn, H.O. 1977. Traditional Aspects of the root crop production in the Kingdom of Tonga. *In* South Pacific Commission, Proceedings of the Regional Meeting on Production of Root Crops, Suva, Fiji, October 1975, Neumea Cedex, New Caledonia, South Pacific Commission, Technical Paper 174, 191–199.

Fabres, G. 1980. Bioécologie de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti* Hom. *Pseudococcidae*) en République Populaire du Congo, Cah. ORSTOM Ser. Biol. (Sous presse)

1979. Analyse structurelle et fonctionnelle de la biocoenose d'un homoptère dans deux types d'habitats agrumicoles de la Nouvelle Calédonie, Thèse, Travaux et Documents de l'ORSTOM, 113, 291 p.

Fajardo, T.G., et Mendoza, J.M. 1935. Studies on *Sclerotium rolfsii* Sacc. Philippines J. Agric., 387.

FAO (Organisation pour l'agriculture et l'alimentation). 1975. Production yearbook. Rome, Italy, FAO, 29, 87.

1974. Report on FAO/SIDA/ARCN regional seminar on shifting cultivation and soil conservation in Africa, Rome, Italy, FAO, Document FAO/SIDA/TF, 109.

1971. Agriciultural commodity projections, 1970–80. Rome, Italy, FAO.

1970. Tables de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. Rome, Italie, FAO, Doc. Nutr., 3. 218 p.

1966. African agricultural development. Report of Economic Commission for Africa. Rome, Italy, FAO, Document E/CN/14/342.

Faulkner, O.T., et Mackie, J.R. 1933. West African agriculture. Cambridge, England, Cambridge University Press.

Faure, M., Dupouey, P., et Morelec, M.J. nd. Les techniques de l'immunofluorescence et les réactions immunoenzymatiques. Cours de l'Institut Pasteur, Maloire S.A. Éditeur. 39 p.

Federal Department of Agricultural Research. 1964. Nigeria Federal Department of Agriculture Research. Lagos, Nigeria, Quarterly Research Bull.

Federal Ministry of Agriculture. 1974. Agricultural development in Nigeria 1973–85. Lagos, Nigeria, FMAN.

Federal Office of Statistics. 1979. Rural economic survey 1977/1978. Lagos, Nigeria, FOS, Agricultural Survey Unit.

1978a. Production of major crops 1971/72–1975/76 in Nigeria, Lagos, Nigeria, Bull. FOS. 18 p.

1978b. Report of the national census of agriculture 1974/75. Lagos, Nigeria, FOS, March.

1976. Economic survey of Nigeria 1971–1974. Lagos, Nigeria, FOS.

1972. Rural economic survey of Nigeria: consolidated results of crop estimation surveys 1968–69, 1969–70 and 1970–71. Lagos, Nigeria, FOS, RES/3/1972.

Ferguson, T.U. 1974. Agronomic techniques in yam (*Dioscorea* sp.) production in the Caribbean region. Paper presented at the 12th Annual Meeting of the Caribbean Food Crops Society, Kingston, Jamaica, 24 p.

Filer, T.H., et McCracken, F.I. 1969. *Clitocybe tabescens* associated with decline and death of Chinese elm and water oak. Plant Diseases Reporter, 53(10), 840.

Fischer, H.U., et Lockhart, B.E.L. 1977. Identification and comparison of two isolates of tomato bush stunt virus from pepper and tomato in Morocco. Gid. 67, 1352–1355.

Forno, D.A. Asher, C.J., et Edwards, D.G. 1973. Physiological studies on the mineral nutrition of cassava (*M. esculenta* Crantz). St. Lucia, Australia, University of Queensland, 6 p.

Fournet, J., Degras, L., Arnolin, R., et Jaqua, G. 1975. Essais relatifs à l'anthracnose de l'igname. Nouvelles agronomiques des Antilles et de la Guyane, 1, 115–122.

Francis, B.J., Halliday, D., et Robinson, J.M. 1975. Yam as source of edible protein. Trop. Sci., 17, 103–110.

Francis, C.A., Flor, C.A., et Temple, S.R. 1976. Adapting varieties for intercropping systems in the tropics. *In* Papendick, R.I., Sanchez, P.A., and Triplett, G.B., ed., Multiple Cropping, Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy, ASA, Special Publication 27, 235–253.

Fribourg, C.E. 1977. Andean potato calico strain of tobacco ringspot virus, Gid., 67, 174–178.

Fursch, H. Revision der africanischen Arten um *Exochomus flavipes* Thunb. Col. Cocc. Ent. Arb. Mus. Frey, 12 (1), 68–92.

Gadabu, A.D. 1979. Citrus and cassava pest survey. (Inédit)

Gamboa, R.G. 1944. Importancia economica de la harina de náme. Rev. Agr. Com. Panama, 37, 55–56.

Gibson, J.A.S. 1960. *Armillaria* rot in Kenya pine plantations. Emp. For Rev., 39, 94.

Guilchrist, D.G., Lueschen W.E., et Hittle, C.N. 1967. Revised method for the preparation of standards in the sodium picrate assay of HCN. Crop. Sci., 7(3), 267–268.

Girling, D.J. 1979. Report on a visit to the People's Republic of Congo to advise on the biological control of the cassava mealybug. *Phenacoccus manihoti*, MAT, FERR. London, England, CIBC. (Commonwealth Institute of Biological Control), 5 p.

1978. Report on a visit to Zaire to release natural enemies of cassava pests. London, England, CIBC. 3 p.

Gollifer, D.E., et Booth, R.H. 1973a. Corm rot of taro, *C. esculenta*, caused by *F. oxysporium*. Plant Diseases Reporter, 8, 701–703.

1973b. Storage losses of taro corms in the British Solomon Islands Protectorate. Ann. Appl. Biol., 73(3), 349–356.

Gonzales, F.R., Cadiz, T.G., et Bugawan, M.S. 1977. Effects of topping and fertilization on the yield and protein content of three varieties of sweet potato. Philippines J. Crop Sci., 2, 97–102.

Goodall, D.W. 1955. Growth of cacao seedlings as affected by illumination. Paper presented at the 14th International Hort. Congress, 1501.

1950. Growth analysis of cacao seedlings. Ann. Appl. Biol., 7, 367.

Goodchild, N.A. 1960. *Armillaria mellea* in tea plantations. J. Tea Boards of East Africa, October, 60, 43.

Gooding, E.G.B. 1967. Root crops in the Barbadian economy. Paper presented at the 1st Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, University of the West Indies, St-Augustine, Trinidad, 2–8 April 1967, 2(5), 100–124.

Gooding, E.G.B., and Hoad, R.M. 1967. Problems of yam cultivation in Barbados. Paper presented at the 1st Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad, 2–8 April 1967, 2(5).

Gooding, H.J., et Campbell, J.S. 1961a. Preliminary trials of West Indian *Xanthosoma* cultivars. Trop. Agric. Trinidad, 38, 145–152.

1961b. The improvement of cultivation methods in dasheen and eddoe (*Colocasia esculenta*) growing in Trinidad. Paper presented at the Am. Hort. Congress, 5, 6–20.

Government Printers, 1951. Annual report of the Department of Agriculture. Zomba, Malawi, Government Printers.

Grace, M. 1971. Cassava processing. Rome, Italy, FAO, Agriculture Services Division, 5.

Greathead, D.J. 1978. Biological control of mealybugs (Homoptera Pseudococcidae) with special reference to cassava mealybug (*Phenacoccus manihoti* MAT. FERR.). *In* Nwanze, K.F., and Leuschner, K., ed., Proc. Int. Workshop, INERA, M'vuazi, Zaire, 70–80.

Greenstreet, V.R., et Lambourne, J. 1933. Tapioca in Malaya. Federated Malay States, Dept. Agric. Gen. Serv. 13.

Griminaldi, J., et Bikia, A. 1977. Le grand livre de la

cuisine camerounaise. Yaoundé, Cameroun, Edicam Éditeur, 259 p.

Grummer, G. 1965. Die gegenseitige Beeinflussung hoheren pflanzen Allelopathie. G. Fischer, Jena. In Trenbath, B.R., 1974, Biomass productivity of mixtures, Adv. Agron., 26, 177–210.

Guillaumin, J.J. 1969. Divers types de rhizomorphes formés par *A. mellea* (Vahl.) Quelet. Influence de milieu de culture. Bull. Soc. Bot. (France) Mémoire 115, 48–54.

Guillemet, R., et Jacquot R. 1943. Essai de détermination de l'indigestible glucidique. C.R. Acad. Sci., 216, 508–510.

Hahn, S.K., 1978. Breeding cassava for resistance to bacterial blight. PANS, 24, 840–485.

Hahn, S.K., Terry, E.R., et Leuschner, K. 1980a. Resistance of cassava clones to cassava greenmite. PANS. (Sous presse)

1980b. The breeding of cassava for resistance to cassava mosaic disease. Euphytica, 29. (Sous presse)

Hahn, S.K., Terry, E.R., Leuschner, K., Akobundu, I.O., Okali, C., et Lal R. 1979. Cassava improvement in Africa. Field Crops Res., 2. 193–226.

Hahn, S.K., et Williams, R.J. 1973. Enquêtes sur le manioc dans la République du Zaïre, Rapport au Commissaire d'État à l'Agriculture, République du Zaïre, Ibadan (Nigéria) IITA, 1–12.

Hailey, Lord, 1957. An African survey. Oxford, England, Oxford University Press. 1 676 p.

Halsted, B.D. 1892. Anthracnoses of solanaceous fruits. N.J. Agr. Expl. Stn. Ann. Rep., 13, 330–333.

Hansford, C.J. 1936. Annual report of the Department of Agriculture. Entebbe, Uganda, Government Printers.

Harper, J.L. 1960. Factors controlling plant numbers. *In* Harper, J.L., ed., The Biology of Weeds, British Ecological Society 1, Oxford, England, Blackwell Scientific Publications.

Harris, K.M. 1968. A systematic revision and biological review of cecidomyiid predators (*Diptera: Cecidomyiidae*) on world *Coccoidea* (*Hemiptera: Homoptera*). Trans. Roy. Ent. Soc., 119(13), 401–494.

Harrison, B.D. 1964. Specific nematode vectors for geologically distinctive forms of raspberry ringspot and tomato black ring virus. Virology, 22, 554–550.

Harrison, B.D., et Woods, R.D. 1966. Serotypes and particle dimensions of tobacco rattle viruses from Europe and America. Virology, 28, 610–620.

Harter, L.L. 1916. Storage-rots of economic aroids. J. Agric. Res., 6, 549–574.

Haudricourt, A. 1941. Les Colocasiées alimentaires (taros et yautias). Rev. Bot. Appl. Agric. Trop. 21 (233–234), 40–65.

Hawksworth, G., Drasar, B.S., et Hill, M.J. J. Med. Microb., 4, 451.

Hayward, A.C., and Waterston, J.M. 1965. *Xanthomonas phaseoli* no. 48 in description of pathogenic fungi and bacteria. Kew, Surrey, England, Commonwealth Mycological Institute. 2 p.

Heath, O.V.S., et Gregory, F.G. 1938. The constancy of the mean net assimilation rate and its ecological importance. Ann. Bot., 811.

Heathcote, R.G. 1975. The use of fertilizers in the maintenance of soil fertility under intensive cropping in northern Nigeria. Paper presented at the 10th Colloq. Int. Potash Inst., Abidjan, Ivory Coast, 467–474.

Heim, R., et Jacques Félix, M. 1953. Études expérimentales sur la spécificité des Hyménomycètes. Nutrition et balancement des caractères morphologiques et culturaux chez *A. mellea* et *C. tabescens*. Les rapports de parenté entre *A. mellea* et *C. tabescens*. C.R. Acad. Sci. 236, 167.

Heman, Omar W. 1969. Nigerian agricultural research: review and recommendations. East Lansing, USA, Michigan State University, Consortium for the Study of Nigerian Rural Development, CSNDR 22.

Hew, V.F. 1975. Master's of agricultural science dissertation. Kuala Lumpur, Faculty of Agriculture, University of Malaya, 177 p. (Thèse de maîtrise)

Hew, V.F., et Hutagalung, R.I. 1972. The utilization of tapioca root meal (*Manihot utilissima*) in swine feeding. Malays. Agric. Res., 1., 124–130.

Higgings, B.B. 1927. Physiology and parasitism of *Sclerotium rolfsii* Sacc. Phytopathology, 17, 417–418.

Hill, A.F. 1939. The nomenclature of the taro and its varieties. Bot. Mus. Leaflet Harv. Univ., 7, 113–118.

Hill, D.C. 1977. Physiological and biochemical responses of rats given potassium cyanide or linamarin. *In* Nestel, B., and Graham, M., Cassava as Animal Feed: Proceedings of a Workshop Held at the University of Guelph, 18–20 April 1974, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-095e, 33–42.

Hinton, H.E. 1979. Lycaenid pupae that mimic anthropoid heads. J. Ent. (A), 49(1), 65–69.

Howeler, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava. *In* Dominguez, C., compiler, Cassava Production Course, Cali, Colombia, CIAT, 247–292.

Hume, D.J. 1975. Translocation of ^{14}C-labeled photosynthetic assimilates in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Ghana J. Agric. Sci., 8(1), 69–75.

Hunt, L.A., Wholey, D.W., et Cock, J.H. 1977. Growth and physiology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Field Crop Abstr., 30, 77–91.

Hurst, H.R., et Feltner, K.C. 1966. Grain sorghum-weed competition: influence of weed density and time of removal on crop yield. WSA Abstr., 57.

Hutagalung, R.I., et Chang, C.C. 1977. Effects of cassava leaves supplementation on performance, egg quality and yolk cholesterol content of laying hens. Malay Appl. Biol., 6, 31–38.

Hutagalung, R.I., Phuah, C.H., et Hew, V.F. 1973. The utilization of cassava (tapioca) in livestock feeding. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Ibadan, Nigeria, IITA, 2–9 December 1973.

IADS (International Agricultural Development Service). 1980. Agricultural development indicators. A statistical handbook. New York, USA, International Agricultural Development Service.

Ibe, D.G. 1979. Semi-mechanised gari processing for rural communities in Nigeria. (En préparation)

IBRD (International Bank for Reconstruction and Development). 1978. World Bank atlas: population, per capita product, and growth rates. Washington, D.C., USA, IBRD.

Idowu, K.E. 1976. Auntie Kate's cookery book. Buea, Cameroon, Information Service. 160 p.

Idusogie, E.O. 1973. Centuries of changing food consumption patterns in African communities. Paper presented at the Conference on Factors Affecting Food Utilisation in Semi-Arid Tropics, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria. 49 p.

Idusogie, E.O., et Olayide, S.O. 1973. Role of root and tubers in Nigerian nutrition and agricultural development. Join FAO/WHO/OAU Reginal Food and Nutrition Commission in Africa, Ibadan, Nigeria, IITA, December 1973, 23 p. (Miméo.)

Idusogie, E.O., Olayide, S.O., et Olatunbosun, D. 1973. Implications of agricultural wastes on Nigerian nutrition and economy. Bulletin of Rural Economics and Sociology, 8(2), 255–280.

IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1979. Annual report, Ibadan, Nigeria, IITA.

1978. Annual report. Ibadan, Nigeria, IITA.

1977. Annual report. Ibadan, Nigeria, IITA.

1976. Annual report. Ibadan, Nigeria, IITA.

1975. Annual report. Ibadan, Nigeria, IITA.

1974. Annual report. Ibadan, Nigeria, IITA. 199 p.

1973. Annual report. Ibadan, Nigeria, IITA. 39 p.

Irving, H. 1956. Fertilizer studies in eastern Nigeria. Eastern Nigeria, Ministry of Agriculture. Technical Bulletin 11.

Jackson, G.V.H., Ball, E.A., et Arditti, J. 1977. Seed germination and seedling proliferation of taro *Colocasia esculenta* (L) Schott. *in vitro*. J. Hort. Sci., 52, 169–171.

Jacson, G.V.H., et Gollifer, D.C. 1975. Storage rot of taro *C. esculenta* in the British Solomon Islands. Ann. Appl. Biol., 80(2) 217–230.

Jacson, G.V.H., et Newhoot, F.J. 1978. Diseases of taro (*Colocasia esculenta*) and yams (*Dioscorea alata*) in the Solomon Islands. *In* Diseases of Tropical Food Crops, Proceedings of an International Symposium, UCL, Louvain-la-Neuve, Belgium, 39–51.

Jacoby, T. 1967. Nutrition and manuring of tropical root crops. Hannover, Germany, Verkaufsgemeinschaft Deutscher Kaliwerke GMBH, 3.

Jarmai, S., et Montford, L.L. 1968. Yam flour for the production of fufu. Ghana J. Agric. Sci., 1, 161–163.

Jennings, D.L. 1970. Cassava in Africa. Field Crop Abstr., 23, 271–278.

Joachim, A.W.R., et Panditteseker, D.G. 1944. Investigations of the hydrocyanic acid content of manioc. Trop. Agric., 100, 150–163.

Johnson, S.P. 1953. Some factors in the control of southern blight organism, *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology, 43, 363–368.

Johnson, S.P., et Joham, H.E. 1954. Some physiological notes on *Sclerotium rolfsii*. I: Utilization of certain carbon compounds. Plant Diseases Reporter, 38, 602–606.

Johnston, T.J., Pendleton, J.W., Peters, D.B., et Hicks, D.R. 1969. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield and yield components of soybeans (*Glycins max* L.). Crop Sci., 9. 577–581.

Johri, B.M., et Vasil, I.K. 1961. Physiology of pollen. Botan. Rev., 27, 325–381.

Jones, F.R., et Vaughan, N.B. 1921. Anthracnose of the garden pea. Phytopathology, 11, 500–503.

Jones, W.O. 1959. Manioc in Africa. Palo Alto, California, USA, Stanford University Press, 315 p.

Joseph, A. 1973. Influence de la technologie traditionnelle du manioc sur les teneurs en éléments minéraux et en phosphore phytique. Ann. Nutr. Alim., 27, 125–139.

Jurion, F., et Henry, J. 1967. De l'agriculture itinérante à l'agriculture intensifiée. Paris (France) Institut national agronomique.

Kaiser, W.J., et Vakili, N.G. 1978. Insect transmission of pathogenic xanthomonads to bean and cowpea in Puerto Rico. Phytopathology, 68, 1057–1063.

Kamajou, F., et Knipscheer, H.C. 1979. Prices (1966–1978) of major food crops in Cameroon (Yaounde). Ibadan, Nigeria, IITA, Agricultural Economics Information Bulletin 6.

Kang, B.T. In Moody, K., et Ezumah, H.C. 1974. Weed control in major tropical root and tuber crops: a review. PANS, 20(3), 292–299.

Kang, B.T., Islam, R., Sanders, F.E., and Ayanaba, A. 1980. Effect of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown on a alfisol. Field Crops Res., 3, 83–94.

Karikari, S.K. 1974. Effect of nitrogen and potassium on yield and leaf area in cocoyams (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). Ghana J. Agric. Sci., 7(1), 3–6.

1971a. Cocoyam cultivation in Ghana. World Crops (23(3), 188–122.

1971b. Plantain growing in Ghana. World Crops, 24(1), 22–24.

Kasasian, L., et Seeyave, J. 1969. Critical periods of weed competition. PANS, 15(2), 208–212.

1967. Weed control in root crops grown in the West Indies. Paper presented at the 2nd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 2, 20–25.

Kasirivu, J.B.K. 1978. Studies on two *Cercospora* foliar pathogens of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Ibadan, Nigeria, University of Ibadan. 124 p. (Thèse de maîtrise)

1977. Preliminary studies of *Cercospora henningsii* on cassava *Manihot esculenta* Crantz. (Non publié)

Kay, D.E. 1973. Root crops. London, England, Tropical Products Institute, TPI Crop and Products Digest 2.

Kennard, W.C., et Morris, M.P. 1956. Influence of cultural practices on tuber yield and content of *Dioscorea floribunda*. Agron. J., 48, 485–490.

Ketiku, A.O., et Oyenuga, V.A. 1970. Preliminary report on the carbohydrate constituents of cassava root and yam tuber. Nigerian J. Sci., 4, 25–30.

Khajarern, S., Khajarern, J.M., Kitpanit, N., et Müller, Z.O. 1977. Cassava in the nutrition of swine. *In* Nestel, B., et Graham, M., ed., Cassava as Animal Feed: Proceedings of a Workshop Held at the University of Guelph, 18–20 April 1977, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-095e, 56–64.

Kikuta, K., Whitney, L.D., et Parris, G.K. 1937. Seeds and seedlings of the taro, *Colocasia esculenta*. Am. J. Bot., 25, 186–188.

Klement, Z., Farkas, G.L., and Lovrekovich, C. 1964. Hypersensitive reaction induced by phytopathogenic

bacteria in the tobacco leaf. Phytopathology, 54, 474–477.

Knipscheer, H.C. 1980. Labor utilization data for selected tropical food crops. Ibadan, Nigeria, IITA, Agricultural Economics Information Bulletin 6.

Knowles, C.J. 1976. Microorganisms and cyanide. Bact. Rev., 40, 652–680.

Korang-Amoakoh, S., et Oduro, K.A. 1978. Present situation of cassava bacterial blight disease in Ghana. *In* Terry, Eugene R., Persley, Gabrielle J., and Cook, Sheila C.A., ed., Cassava Bacterial Blight in Africa, Workshop Proceedings, Ibadan, Nigeria, IITA.

Kumar, Mohan C.R., et Hrishi, N. 1979. Intercropping systems with cassava in Kerala State, India. *In* Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M., ed., Intercropping with Cassava: Proceedings of an International Workshop Held at Trivandrum, India, 27 Nov.–1 Dec. 1978. Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-142e, 31–34.

Lagemann, J. 1978. Traditional African farming systems in Eastern Nigeria. Muenchen, Germany, Weltforum Verlag, Afrika-Studien 98. 269 p.

Larone, D.H. 1976. Medically important fungi: a guide to identification. New York, USA, Harper and Row, 35–50.

Leach, J.G. 1940. Insect transmission of plant diseases, 1 edition. New York, USA, McGraw-Hill.

Leach, R. 1937. Observations on the root parasitism and control of *Armillaria mellea*. Proc. Roy. Soc. Ser. B 71(825), 561.

Le Berre, S., Gallon, G., et Tabi, B. 1969. Teneur en vitamine C dans les tubercules et le plantain du Cameroun avant et après cuisson. Ann. Nutr. Alim., 23, 2–45.

Lehman, P.S. 1972. Insects and diseases of cassava. In Henderscott, C.H. et alii, ed., A Literature Review and Research Recommendations on Cassava, Athens, USA, University of Georgia, 76–98.

Leuschner, K. 1978a. Preliminary observations on the mealybug (Hemiptera Pseudococcidae) in Zaire and a projected outline for subsequent work. Paper presented at the International Workshop on the Cassava Mealybug, INERA, M'vuazi, Zaire, Ibadan, Nigeria, IITA, 85 p.

1978b. Whiteflies: biology and transmission of African mosaic disease. In Brekelbaum, T., Bellotti, A., and Lozano, J.C., ed., Proceedings: Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7–12 November 1977, Cali, Colombia, CIAT 51–58.

Leuschner, K., et Nwanze, K.F. 1978. Preliminary observations of the mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in Zaire. *In* Brekelbaum, T., Bellotti, A., Lozano, J.C., ed., Proceedings: Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia. 7–12 November 1977. Cali, Colombia, CIAT, 195–198.

Linsenmeyer, D. 1974. An economic analysis of maize production in the Kasai Oriental Region of Zaire. East Lansing, USA, Michigan State University, African Rural Employment Research Network, Department of Agricultural Economics, Working Paper 2.

Little, T.M., et Hills, F.J. 1972. Statistical methods in agricultural Research. Los Angeles, USA, University of California, 242 p.

Lockhead, A.G., Timonin, M.I., et West, F.M. 1940. The microflora of the rhizosphere in relation to resistance of plants to soil-borne pathogens. Sci. Agr., 20, 414–418.

Lozano, J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. PANS, 21, 38–43.

Lozano, J.C. et Booth, R.H. 1974. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). PANS, 20, 30–54.

Lozano, J.C., et Sequeria, L. 1973. Bacterial blight of cassava in Colombia. II: Epidemiology and control. Phytopathology, 64, 83–88.

Lue, L.S., et Chon, C.T. 1972. Bacterial wilt of cassava (*Manihot utilissima* Poll), caused by *Xanthomonas manihotis* (Arthaud-Berthet) Starr. Plant Protection Bulletin, Taiwan, 14(D) 17–26.

Lyonga, S. 1980. Cocoyam production in Cameroon. Paper presented at the International Symposium on Taro and Cocoyam, Stockholm, Sweden, International Foundation for Science. IFS Provisional Report 5.

1976. Production investigations on edible yams (*Dioscorea* spp.) in the western and north western highland savannah zone of the United Republic of Cameroon. Ibadan, Nigeria, University of Ibadan. (Thèse de doctorat)

Lyonga, S.N., Fayemi, A.A., et Agboola, A.A. 1973. Agronomic studies on edible yam in the grassland plateau region of the United Republic of Cameroon, Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

Maduewesi, J.N.C. 1978. Fungal rotting of cocoyams in storage in Nigeria. Book of Abstracts, 3rd International Congress of Plant Pathology, Muenchen, Germany, 16–23 August 1978, 268.

1974. Observations of the *Cercospora* leaf spot diseases of cassava (*Manihot esculenta*). Nigerian J. Plant Protection, 1, 29–37.

Mapes, M.O., et Cable, W.J. 1973. Mericloning of taro (*Colocasia esculenta*). Hawaii Agric. Expl. Stn. J. Series 1694.

Maraite, H., et Meyer, J.A. 1975. *Xanthomonas manihotis* (Arthaud-Berthet) Starr, causal agent of bacterial wilt, blight and leafspots of cassava in Zaire. PANS, 21, 27–37.

Maraite, H., and Weyns, J. 1978. Distinctive physiological, biochemical and pathogenic characteristics of *Xanthomonas manihotis* and *X. cassavae*. *In* Maraite, H., and Meyer, J.A., ed., Diseases of Tropical Food Crops, Louvain-la-Neuve, Belgium, 103–117.

Martin, F.W. 1975. The storage of germplasm of tropical roots and tubers in the vegetative form. Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow, IBP, 2, 2, 369–377.

Martin, F.W., Cabanillas, E., et Guadalupe, R. 1975. Selected varieties of *Dioscorea alata* L., the Asian greater yam. J. Agric. University of Puerto Rico, 59(3), 165–181.

Martin, F.W., et Ruberte, R. 1975. Flours made from edible yams (*Dioscorea* spp.) as a substitute for wheat flour. J. Agric. University of Puerto Rico, 4, 255–263.

Matile-Ferrero, D. 1977. Une cochenille nouvelle nuisible au manioc en Afrique équatoriale, *Phenacoccus mani-*

hoti n. sp. (*Homoptera, Coccoidea, Pseudoccocidae*). Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.), 13(1), 145–152.

1976. Les cochenilles nuisibles au manioc en République Populaire du Congo. Mus. Hist. Nat., Paris, Rapport de mission. 32 p.

Mayne, W.W. 1935. Annual report of the coffee scientific officer, 1934–35. Mysore, India, Coffee Exp. Stat. Bull., 13.

McDavid, C.R., et Alanu, S. 1976. Promotion of flowering in tannia (*Xanthosoma sagittifolium*) by gibberellic acid. Trop. Agric. Trinidad, 53, 373–374.

Merril, A., et Watt, B.K. 1955. Energy value of foods. Basic and derivation. Washington, D.C., USA, USDA, Agric. Handbook 74.

Michail, S.H., Elarosi, H., et Khairy, E.A. 1969. Dry rot of *Colocasia antiquorum* in UAR (Egympt). J. Phytopathology UAR, 1, 23–26.

Miller, S.E., Scheld, H.W., Jr., et Michaels, G.E. 1975. Development and germination of *Candida albicans* chlamydospores in relation to age. J. Gen. Appl. Microbiol., 21, 273–278.

Miller, T.D., et Schroth, M.N. 1972. Monitoring the epiphytic population of *Erwinia amylovera* on pear with a selective medium. Phytopathology, 62, 1175–1182.

Ministère de l'Agriculture. 1978. Annuaire des statistiques agricoles. Yaoundé (Cameroun) Ministère de l'Agriculture.

Ministry of Agriculture. 1961. Annual Report 1959–60. Eastern Nigeria, Ministry of Agriculture, Agric. Div. Official Document 2.

Minister of Finance and Economic Development. 1979. Wholesale and retail market price of commodities. Enugu, Nigeria, Ministry of Finance and Economic Development, Statistics Division.

Misawa, M., et Matsubara, H. 1965. Studies on the manufacturing of the powder of the tuber of the yam. Japan J. Fd. Sci. Techn., 13, 23–29.

Mogilner, I., Oriolli, G.A., et Blettler, C.M. 1967. Trials to study topophysis and photoperiodism. Bonplandia, 2, 265–272.

Montaldo, A. 1977. Whole plant utilization of cassava for animal feed. *In* Nestel, B., and Graham, M., ed., Cassava as Animal Feed: Proceedings of a Workshop Held at the University of Guelph, 18–20 April 1977. Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-095e, 95–106.

Montaldo, A., et Montilla J.J. 1976. Production of cassava foliage. *In* Cock, J., MacIntyre, R., and Graham, M., ed. Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops Held at CIAT, Cali, Colombia, 1–7 August 1976, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-080e, 142–143.

Moody, K., et Ezumah, H.C. 1974. Weed control in major tropical root and tuber crops: a review. PANS, 20, 292–299.

Moore, C.P. 1976. The utilization of cassava foliage in ruminant feeding. Paper presented at the International Seminar on Tropical Livestock Production, Acapulco, Mexico. 21 p.

Moormann, F.R., Lal, R., et Juo, A.S.R. 1975. Soils of IITA. Ibadan, Nigeria, IITA, Technical Bulletin 3, 38 p.

Morgan, W.D. 1969. Peasant agriculture in tropical Africa. *In* Thomas S.F., and Whittington, G.W., ed., Environment and Land Use in Africa. London, England, Methuen and Co. Ltd.

Msabaha, M.A.M. 1975. The status of cassava improvement in Tanzania. Paper presented at the Workshop on the International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm in Africa, held at IITA, Ibadan, Nigeria, 17–21 November 1975.

Müller, A.S., et Roberts, D.A. 1951. Plant disease records at Zamorano, Honduras. Ceiba, 9(1), 49–54. (Abrégé)

Mureno, R.A., et Hart, R.D. 1979. Intercropping with cassava in Central America. *In* Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M., ed., Intercropping with Cassava: Proceedings of an International Workshop Held at Trivandrum, India, 27 Nov.–1 Dec. 1978. Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-142e, 31–34.

Nartey, F. 1978. *Manihot esculenta* (cassava) cyanogenesis, ultrastructure and seed germination. Copenhagen, Denmark, Munksgaard, 262 p.

1968. Studies on cassava, Manihot utilissima Pohl. I: Cyanogenesis: the biosynthesis of linamarin and lotaustralin in etiolated seedlings. Phyto chem., 7, 1307–1312.

National Academy of Sciences. 1975. Underexploited tropical plants with promising economic value. Washington, D.C., USA, National Academy of Sciences.

Nestel, B., et McIntyre, R. ed. 1973. Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29–30 January 1973. Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-010e. 162 p.

Nieto, J., Biondo, M.A., et Gonzalez, J.T. 1959. Critical periods of crop growth cycle for competition from weeds. PANS, 14(2), 159–166.

Njoku, E. 1960. An analysis of plant growth in some West African species. IX: The effects of shading. J.W. Afr. Sci. Assoc., 6, 1–17.

1959. An analysis of plant growth in some West African species. I: Growth in full daylight. J.W. Afr. Sci. Assoc., 5, 37–56.

Njoku, E., Oyolu, C., Okonkwo, S.N.C., et Nweke, F.I.O. 1973. The pattern of growth and development in *Dioscorea rotundata* Poir. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

Norman, D.W. 1975. Rationalizing mixed cropping under indigenous conditions. The example of northern Nigeria. J. Devel. Studies 11(1), 3–21.

Norman, D.W., Pryor, D.H., et Gibbs, C.J.N. 1979. Technical change and the small farmer in Hausaland, Northern Nigeria. East Lansing, USA, Michigan State University, African Rural Economy Paper 21.

NRCRI (National Root Crops Research Institute). 1980. Annual Report 1979–80. Umudike, Umuahia, Nigeria, NRCRI.

1979–80. Programme Report. Umudike, Umuahia, Nigeria, NRCRI, 35–39.

1979. Annual Report 1978. Umudike, Umuahia, Nigeria, NRCRI.

1978. Annual Report 1977. Umudike, Umuahia, Nigeria, NRCRI.

1977. Annual Report 1976. Umudike, Umuahia,

Nigeria, NRCRI.

1976. Annual Report 1975. Umudike, Umuahia, Nigeria, NRCRI.

1975. Annual Report 1974. Umudike, Umuahia, Nigeria, NRCRI.

1974. Annual Report 1973. Umudike, Umuahia, Nigeria, NRCRI.

Nwana, I.E., et Onochie, B.E. 1979. The technical and social problems of taro processing and storage in Nigeria. *In* Plucknett, D.L., ed., Small Scale Processing and Storage of Tropical Rootcrops. Boulder, Colorado, USA, Westview Press, 100–109.

Nwankiti, A.O. 1978. Symptomatology, etiology and incidence of a leaf disease of yam (*Dioscorea* sp.) originally called "Apolo" disease of yam. Paper presented at an International Seminar on Yams, Buea, Cameroon, 339–352.

Nwankiti, A.O., and Arene, O.B. 1978. Diseases of yam in Nigeria. PANS, 24, 486–494.

Nwanze, K.F. 1978. Biology of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Mat-Ferr. in the Republic of Zaire. Paper presented at the International Workshop on the Cassava Mealybug, INERA, M'vuazi, Zaire. Ibadan, Nigeria, IITA. 85 p.

Nwanze, K.F., Leuschner, K., et Ezumah, H.C. 1979. The cassava mealybug, *Phenacoccus* sp. PANS, 25(2) 125–130.

Nweke, Felix I., et alii, 1980. Bases for farm resource allocation in the smallholder cropping system of southeastern Nigeria: a case study of Awka and Abakaliki villages. Ibadan, Nigeria, IITA, Discussion Paper 4/80.

Nwosu, N.A. 1975. Recent developments in vegetative propagation of edible yam (*Dioscorea* species). Proc. Agric. Soc. Nigeria, 12. (Sous presse)

Nyango, A.K. 1978. Cassava bacterial blight in four regions of the United Republic of Tanzania. *In* Terry, Eugene R., Persley, Gabrielle J., and Cook, Sheila C.A., ed., Cassava Bacterial Blight in Africa, Workshop Proceedings, Ibadan, Nigeria, IITA.

Nye, P.H., et Greenland, D.J. 1960. The soil under shifting cultivation. Harpenden, England, Commonwealth Bureau of Soils, Tech. Comm. 51.

Nyiira, Z.M. 1975. Advances in research on the economic significance of the green cassava mite (*Mononychellus tanajoa*) in Uganda. *In* Terry, E., and McIntyre, R., The International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm in Africa: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop Held at IITA, Ibadan, Nigeria, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-063e, 27–29.

Nyiira, Z.M., et Otim-Nape, G.W. 1978. Cassava bacterial blight and minor diseases of cassava in Uganda. *In* Terry, Eugene R., Parsley, Gabrielle J., and Cook, Sheila C.A., ed., Cassava Bacterial Blight in Africa, Workshop Proceedings, Ibadan, Nigeria, IITA.

Obi, J.K. 1965. The influence of preceding crops on subsequent crops following bush fallow in Umudike, Eastern Nigeria. Paper presented at the OAU/STRC Symposium on Maintenance and Improvement of Soil Fertility, Khartoum, Soudan.

Obi, J.K., et Tuley, P. 1973. The bush fallow and ley farming in the oil palm belt of south-east Nigeria. London, England, Land Resources Division of the Foreign Administration, Misc. Rep. 161.

Obigbesan, G.O. 1977. Investigations on Nigerian root and tuber crops. Response of cassava cultivars to potassium fertilizer in Western Nigeria. J. Agric. Sci., 89, 23–27.

1978. Nutritional problems in root crop production in a tropical country: Nigeria, Beitrage trop. Landwirtsch, Veterinarmed., 16, Jg. 289–297.

Obigbesan, G.O., Agboola, A.A., et Fayemi, A.A.A. 1976. Effect of potassium on tuber yield and nutrient uptake of yams. *In* Cock, J., McIntyre, R., Graham, M., ed., Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops Held at CIAT, Cali, Colombia, 1–7 August 1976, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-080e, 104–107.

Obigbesan, G.O., et Fayemi, A.A. 1976. Influence of nitrogen fertilization on the yield and chemical composition of two cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz). J. Agric. Sci., 86, 401–406.

Oduro, K.A., et Asare, E.O. 1978. Improvement of cassava at U.S.T. Kumasi. Paper presented at the Symposium on Crop Improvement in Ghana, Faculty of Agriculture, University of Ghana, Accra, Ghana, 15–16 December 1978.

Odurukwe, S.O. 1980. Response of cassava to N, P, K and compost applications under continuous cropping. Paper presented at the 16th Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria, Akure, Nigeria, 17–22 August 1980.

Oelsligle, D.D., Menesee, R., et McCollum, R.E. 1979. Nitrogen response by a corn-cassava intercropped system in the Atlantic coast of Costa Rica. In North Carolina State University, Agronomic-Economic Research on Tropical Soils, Raleigh, North Carolina, USA, North Carolina State University, 197–200.

Ogundana, S.K. 1976. Microbial rot of cocoyam (*X. sagittifolium* Schott) in storage in Nigeria. In Proceedings 3rd International Biodegradation Symposium, Rhode Island, USA, Applied Science Publishers, 645–649.

Ogundana, S.K., Naqvi, S.H.Z., et Ekundayo, J.A. 1970. Fungi associated with soft rot of yams (*Dioscorea* sp.) in storage in Nigeria. Trans. Br. Mycol. Soc., 54, 445–451.

Okafor, N. 1977. Micro-organisms associated with cassava fermentation for gari production. J. Appli. Bact., 42, 279–284.

1966a. Microbial rotting of stored yams (*Dioscorea* sp.) in Nigeria. Expl. Agric., 2(3), 179–182.

1966b. Thermophilic microorganisms from rotting maize. Nature, 210, 220–221.

Okali, D. 1972. Growth-rates of some West African forest-tree seedlings in shade. Ann. Bot., 36, 953–959.

1971. Rates of dry-matter production in some tropical forest-tree seedlings. Ann. Bot., 35, 87–97.

Oke, O.L. 1987. Problems in the use of cassava as animal feed. Anim. Feed. Sci. Tech., 3(4), 345–380.

1966. Ascorbic acid content of some Nigerian foodstuffs. W. Afr. Pharmacist, 8, 92–93.

Okigbo, B.N. 1979. Effects of methods of seedbed preparation and mulching on cassava yield. *In* Lal, R., ed., Soil Tillage and Crop Production, Ibadan, Nigeria, IITA, Proceedings Series 2, 75–92.

1978. Cropping systems and related research in Africa. Addis Ababa, Ethiopia, Association for the Advancement of Agricultural Sciences in Africa, Occasional Publication Ser. OT 1, 81 p.

1973. Effects of cultivation and heights and directions of staking on yields and general performance of eight yam cultivars. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society of Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

1971. Effect of planting dates on the yield and general performance of cassava (*Manihot utillissima* Pohl.). Nigerian Agric. J., 8, 115–122.

Okigbo, B.N., et Greenland, D.J. 1976. Intercropping systems in tropical Africa. *In* Papendick, R.I., Sanchez, P.A., and Triplett, G.B., ed., Multiple Cropping, Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy, ASA Special Publication 27, 63–101.

Okigbo, B.N., et Ibe, D.G. 1973. A new method of yam propagation. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

Okoli, O.O. 1980. Dry matter accumulation and tuber sprouting in *Dioscorea* species. Expl. Agric., 16, 161–167.

1975. Yam production from seeds: prospects and problems. Paper presented at the 11th Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria, Enugu, Nigeria, 1–5 July 1975.

Okpala, E.U. 1975. Effect of organic soil amendments on damping-off of lettuce caused by *Corticium praticola*. Ann. Appl. Biol., 80, 155–162.

Olayide, S.O. 1978. Research and Nigerian economy. Ibadan, Nigeria, University of Ibadan. 676 p. (Miméo.)

1976. Economic survey of Nigeria, 1960–75. Ibadan, Nigeria, University of Ibadan. 203 p.

1969. Economics of inter-state marketing of farm products: a spatial analysis of transportation cost. Bulletin of Rural Economics and Sociology, 4(2), 155–182.

Olayide, S.O., Eweka, J.A., et Bello-Osagie, V.E., ed. 1979. The Nigerian small farmers. Ibadan, Nigeria, University of Ibadan. (Sous presse)

Olayide, S.O., Olatunbosun, D., Idusogie, E.O., et Abiagom, J.D. 1972. In Federal Department of Agriculture. A Quantitative Analysis of Food Requirements, Supplies and Demand in Nigeria 1968–1985, Lagos, Nigeria, Federal Department of Agriculture, 113a.

Olayide, S.O. et alii. 1979. Food production in Nigeria (Agricultural Statistics Task Force report). Ibadan, Nigeria, University of Ibadan. 370 p. (Miméo.)

Olembo, T.W. 1972. Studies on *Armillaria mellea* in East Africa. J. Eur. Path. For., 2(3), 134.

Oliver, L.R., Frans, R.E., et Talbert, R.E. 1976. Field competition between tall morning glory and soybean. I: Growth analysis. Weed Sci., 24(5), 482–488.

Olympio, H.K. 1978. Aspects of cassava bacterial blight in Togo. *In* Terry, Eugene, R., Persley, Gabrielle J., and Cook, Sheila C.A., ed., Cassava Bacterial Blight in Africa, Workshop Proceedings, Ibadan, Nigeria, IITA.

OMS (Organisation mondiale de la santé). 1973. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Genève (Suisse) OMS, Sér. Rapp. Tech. 522. 64 p.

Onochie, B.E. 1974. Critical period for weed control in yam plots. Nigerian Agric. J., 11, 13–16.

Onwueme, I.C. 1978a. A strategy package for reducing the high labour requirement in yam production. In International Foundation for Science, Yams: Igname, Stockholm, Sweden, International Foundation for Science, IFS Provisional Report 3, 417–443.

1978b. Sett weight effects on time of tuber formation and on tuber yield characteristics in water yam (*Dioscorea alata* L.) J. Agric. Sci. Camb., 91, 317–319.

1978c. The tropical tuber crops. New York, USA, John Wiley and Sons. 234 p.

1977a. Field comparison of West African planting and harvseting practices in yam (*Dioscorea rotundata*): pre-sprouting, dry season planting, and double-harvesting. J. Agric. Sci., Camb., 88, 311–318.

1977b. The effect of varying the time of the first harvest, and of late planting on double-harvest yield of yam (*Dioscorea rotundata*) in field plots. J. Agric. Sci., Camb., 88, 737–741.

1975a. Influence of storage time on earliness of sprouting and tuber in *Dioscorea rotundata* yams. J. Agric. Sci., Camb., 84, 503–505.

1975b. Tuber formation in yam (*Dioscorea* species): effect of moisture stress; contribution of the parent sett. J. Agric. Sci., Camb., 85, 267–269.

1972. Influence of the weight of the planted tuber on the vegetative performance of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) plants. Nigerian Agric. J., 9, 170–173.

Onwueme, I.C., et Fadayomi, O. 1980. A labour-saving of yam (*Dioscorea* spp.) production through weed control with herbicides, the elimination of staking, and cropping at high density. J. Agric. Sci., Camb. (Sous presse)

Oriuwa, L.O., et Onwueme, I.C. 1980. Determining the optimum spacing and sett weight for growing yams (*Dioscorea* spp.) without stakes. Quart, J. Int. Agric. (Sous presse)

Ou, S.H., et Walker, J.C. 1945. Anthracnose of garden pea. Phytopathology, 35, 565–570.

Oura, E. 1969. Aeration and the biochemical composition of baker's yeast. In Supplement: Yeast Symposium, Antonie van Leeuwenhoek, 35, 35.

Oyenuga, V.A. 1968. Nigeria's foods and feeding-stuffs. Ibadan, Nigeria, University of Ibadan.

1961. Nutritive value of cereal and cassava diets for growing and fattening pigs in Nigeria. Br. J. Nutr., 15(3), 327–338.

Oyenuga, V.A., et Amazigo, E.O. 1957. West Africa. J. Biol. Chem., 1. 39.

Oyolu. C. 1961. Is Nigeria a true agricultural country? Nigerian Scientist. 1, 38–47.

Pacumbaba, R.P. 1979. Tong method: an effective screening technique in young cassava seedlings for detecting resistance against CBB disease in Zaire. Paper presented at Root and Tuber Crops Symposium, Manila, Philippines.

Pandey, R.K , Saxena, M.C., et Singh, V.B. 1978. Growth analysis of black gram genotypes. Indian V. Agric. Sci., 48(8), 466–473.

Papavizas, G.C., Lewis, J.A., et Adams, P.B. 1968. Survival of root infecting fungi in the soil. II: Influence of amendment and soil carbon-to-nitrogen balance of *Fu-*

sarium root rot of beans. Phytopathology, 58(3), 365–372.

Parris, G.K. 1941. Diseases of taro in Hawaii and their control. Hawaii Expl. Stn. Circ. 18. 29 p.

Passmore, R., Nicol, B.M., Narayana Rao, M. 1974. Manuel sur les besoins nutritionnels de l'homme, OMS, Genève (Suisse) Sér. Monogr. 61. 64 p.

Paterson, D.D. 1949. Statistical technique in agricultural research. New York, USA. McGraw-Hill. 263 p.

Paul, A.A., and Southgate, D.A.T. 1978. The composition of foods. Elsevier/North Holland Biomedical Press.

Persley, G.J. 1978a. Epiphytic survival of *Xanthomonas manihotis* in relation to plant disease cycle of cassava bacterial blight. Paper presented at the 4th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, Angers, France, 773–777.

1978b. Studies on the epidemiology and ecology of cassava bacterial blight. *In* Terry, Eugene R., Persley, Gabrielle J., and Cook, Sheila C.A., ed., Cassava Bacterial Blight in Africa, Workshop Proceedings, Ibadan, Nigeria, IITA.

1977. Distribution and importance of cassava bacterial blight in Africa. *In* Persley, G., Terry, E., and McIntyre, R., ed., Cassava Bactérial Blight: Report of an Interdisciplinary Workshop Held at IITA, Ibadan, Nigeria, 1–4 November 1976, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-096e, 9–13.

Phillips, T.A. 1976. An agricultural notebook. London, England. Longmans.

Pido, P.P., et Adeyanju, S.A. 1978. The feeding value of fermented cassava peel in broiler diets. Nutr. Rep. Int., 18(1), 79–86.

Pollard, A.G. 1945. Plant pathogens and microbial competition in soil. Trop. Agric., 22(8), 155, (Abrégé)

Porteres, R. 1960. La sombre aroïdée cultivée: *Colocasia antiquorum* Schott ou taro de Polynésie. Essai d'étymologie sémantique. J. Agric. Trop. Bot. Appl., 7, 169–192.

Posnette, A.F. 1945. Root rot of cocoyams, *Xanthosoma sagittifolium* (Schott). Trop. Agric. Trinidad, 22, 2–6.

Powell, P.E. 1972. The *Cercospora* leaf spots of cassava. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter, 6, 10–14.

1968, *Cercospora* leaf spots of cassava. Ithaca, New York, USA, Cornell University, Department of Plant Pathology. 5 p. (Abrégé)

Prasad, N., et Singh, R.D. 1960. Anthracnose disease of *Dioscorea alata* L. Current Sci., 29, 66–67.

Prinsloo, G.L. 1979. On some little-known African *Encyrtidae* (*Hymenoptera: chalcidoidea*), with new records and descriptions of genera and species. J. Ent. Soc. Stn. Afr., 42(1), 17–34.

PRONAM (Programme National Manioc). 1979a. Rapport annuel 1979, PRONAM, Kinshasa (Zaïre).

1979b. La cochenille du manioc. PRONAM, Kinshasa (Zaïre) Bulletin technique.

1978. Rapport annuel 1978. PRONAM, Kinshasa (Zaïre).

1977. Rapport annuel. PRONAM, Kinshasa (Zaïre).

1975. Rapport annuel. PRONAM, Kinshasa (Zaïre).

Pu, Che-lung. 1976. Biological control of insect pests in China. Acta. End. Sin., 19, 247–252.

Rankine, L.B. 1973. Comparative performance: large-scale production versus small scale production of yams and sweet potatos in the Caribbean. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

Rao, G., et Cock, J.H. Natural drying of cassava. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

Redfern, D.B. 1973. Growth and behaviour of *A. mellea* rhizomorphs in soil. Trans. Br. Mycol. Soc., 61(3), 569.

Rees, A.R. 1963. An analysis of growth of oil palm seedlings in full daylight and in shade. Ann. Bot., 27, 325–337.

Renault, G., et Merlier, H. 1973. Weed control under mechanized yam growing. Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

Rhoads, A.S. 1948. Clitocybe root-rot of citrus trees in Florida. Phytopathology, 38, 44.

Risbec. J. 1954. Chalcidoïdes et proctotrupoïdes de l'Afrique tropicale française. Bull. Inst. Fr. Afric. Noire, 16, pp. 1035–1092.

Rishbeth, R., 1968. The growth rate of *Armillaria mellea*. Trans. Br. Mycol. Sco., 51(3–4), 575–586.

Roberts, J.W. 1918. The sources of apple bitter-rot infections. Washington, D.C. USA, USDA, Bulletin 684.

Robinson, R.A. 1968. The concept of vertical and horizontal resistance as illustrated by bacterial wilt of potatoes. London, England, Commonwealth Mycological Institute, Phytopathological Paper 10.

Ross, E., et Enriquez, F.Q. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. Poult. Sci., 48, 846–853.

Rouanet, G. 1967. Experiments on yams in Guadeloupe. Paper presented at the 1st Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad. 152–158.

Rover, J.B. 1915. Fungus diseases of cassava. Trinidad and Tobago, Department of Agriculture, Bulletin 14, 36–38. (Abrégé)

Rovira, A.D. 1956. Plant root excretions in relation to the rhizosphere effect. I: The nature of root exudates from oats and peas. Plant Soil, 7, 178–194.

Ruddle, K. 1974. The Yukpa cultivation system. A study of shifting cultivation in Colombia and Venezuela. Berkeley, California, USA, University of California Press.

Ruthenberg, H. 1976. Farming systems in the tropics, 2 edition. Oxford, England, Clarendon Press.

Sadik, S. 1976. Methods for seed germination and seedling establishment of yam. *Dioscorea rotunda*. Nature, 254(496), 134–135.

1975b. Flowering, pollen grain germination, fruiting, seed germination and seedling development of white yam. *Dioscorea rotunda* Poir. Ann. Bot., 39, 597–604.

Salifu, E.B. 1980. ADMARC producer prices for 1979/80 planted crops: effective 1st April 1980. Southern Adviser, 13(3–4), March–April.

Sanchez, P.A. 1976. Multiple cropping: an appraisal of present knowledge and future needs. *In* Papendick, R.I.,

Sanchez, P.A., and Triplett, G.B., ed., Multiple Cropping, Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy, ASA Special Publication 27, 373–378.
Sauti, R.F.N. 1980. Cassava primary survey. (Inédit)
Shanmugavelu, K.G., Thamburaj, S., Thamugam, A., et Gopala Swany, A. 1973. Effects of time of planting and irrigation frequencies on the yield of tapioca. Indian J. Agric. Sci., 43, 789–791.
Shukla, P.T. 1975. Cassava variety catalogue. Mwanza, Tanzania, ARI Ukiriguvu.
Singh, J., et Chaudhury, D.R. 1975. Effect of topping and defoliation on tapioca. J. Root Crops, 1, 86.
Singh, T.P. 1979. Sélection du manioc pour la résistance aux pestes et maladies en République du Zaïre, Kinshasa (Zaïre) PRONAM, Publication PRONAM Série 3. 16 p.
Sinthuprame, S. 1978. Cassava and cassava-based intercrop systems in Thailand. *In* Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M., ed., Intercropping with Cassava: Proceedings of an International Workshop Held at Trivandrum, India, 27 Nov.–Dec. 1978, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-142e, 57–65.
Skerman, V.B.D. 1967. A guide to the identification of genera of bacteria. Baltimore, Maryland, USA, Williams and Williams Co.
Snedecor, G.W., et Cochran, W.G. 1957. Méthodes statistiques, 6e édition. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press.
Snell, E.E., et Strong, F.M. 1939. A microbiological assay for riboflavin. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 11, 346.
Snell, E.E. and Wright, L.D. 1941. A microbiological method for the determination of nicotinic acid. J. Biol. Chem., 139, 675.
Sobulu, R.A. 1972. Studies on white yam (*Dioscorea rotundata*). I: Growth analysis. Expl. Agric., 8, 99–106.
Spencer, M., et van Uden, N. 1977. Yields of yeast growth on starch. Eur. J. Appl. Microbiol., 4, 29–35.
Splittstoesser, W.E. 1976. Protein and total amino acid content before and after cooking of yams. Hortsci., 11, 611.
Stanley, R.G., and Linskens, H.F. 1974. Pollen: biology, biochemisry, management. New York, USA, Springer Verlag.
Starling, S.G., et Woodall, A.J. 1963. Thermal radiation, 3 edition. In English Language Book Society, Physics, London, England, English Language Book Society and Longmans, 339–367.
Statutory Instruments. 1977. The plant protection (cassava disease prevention and control) rules. Entebbe, Uganda, Government Printers.
Stempffer, H. 1957. *Lycaenidae*. Les lépidoptères de l'Afrique noire française. Initiat. Afric., 14(3); Dakar (Sénégal) IFAN, 13, 23, pp. 219–220.
Stockman, E.C., et Harrar, J.G. 1957. Principles of plant pathology. New York, USA, Renold Press Co. 581 p.
Storey, H.H., et Nichols, R.F.W. 1938. Studies of the mosaic diseases of cassava. Ann. Appl. Biol., 25, 970–806.
Stuffins, C.B. 1967. The determination of phosphate and calcium in feedingstuffs. Analyst, 92, 107–111.
Swift, M.J. 1968. Inhibition of rhizomorph development by *Armillaria mellea* in Rhodesian forest soils. Trans. Br. Mycol. Soc., 51(2), 241–247.
Sylvestre, L. 1973. Aspects agronomiques de la production du manioc à la Ferme d'État de Mantsumba (République Populaire du Congo). Paris (France) Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières, Rapport de mission. 35 p.

Tachikawa, T. 1974. Hosts of the Encyrtidae (*Hymenoptera: chalciodoidea*). Ehime, Japan, Ehime University, Mem. Coll. Agric., 19, 185–204.
1963. Revisional studies of the Encyrtidae of Japan (*Hymenoptera: chalcidoidea*). Mem. Univ., 6, 9(1), 1–264.
Takacs, D.J., Payne, J.A., Tedders, W.L., Wehunt, E.J., et Horton, B.D. 1970. *Clitocybe* root rot of pecans. Plant Diseases Reporter, 54(7), 62.
Takatsu, A., Fukuda, S., et Peria, S. 1978. Epidemiological aspects of bacterial blight of cassava in Brazil. *In* Maraite, H., and Meyer, J.A., ed., Diseases of Tropical Food Crops, Louvain-la-Neuve, Belgium, 141–150.
Teri, J.M., Thurston, H.D., et Lozano, J.C. 1977. The *Cercospora* leaf diseases of cassava. *In* Brekelbaum, T., Bellotti, A., and Lozano, J.C., ed., Proceedings: Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7–12 November 1977, Cali, Colombia, CIAT, 101–116.
Terry, E.R. 1978. Integral control of cassava bacterial blight in Africa. Report of an interdisciplinary workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 26–30 June 1978, Ibadan, Nigeria, IITA.
1977. Cassava bacterial diseases. *In* Brekelbaum, T., Bellotti, A., and Lozano, J.C., ed., Proceedings: Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7–12 November, 1977, Cali, Colombia, CIAT, 101–116.
1976. Factors affecting the incidence of cassava bacterial blight in Africa. *In* Cock, J., McIntyre, R., and Graham, M., ed., Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops Held at CIAT, Cali, Colombia, 1–7 August 1976, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-080e, 179–184.
1975. Cassava bacterial blight in Africa. *In* Terry, E., and McIntyre, R., ed., The International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm in Africa: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop Held at IITA, Ibadan, Nigeria, 17–21 November 1975, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-063e, 23–25.
Terry, E.R., et Goodman, D.J. 1977. Report on cassava diseases: People's Republic of Congo, Ibadan, Nigeria. IITA. 9 p. (Miméo.)
Terry, Eugene, et McIntyre, Reginald, ed. 1975. The international exchange and testing of cassava germ plasm in Africa: proceedings of an interdisciplinary workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 17–21 November 1975, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-063e. 59 p.
Thanh, N.C., et Lohani, B.N. 1978. Cassava chipping and drying in Thailand. *In* Weber, E.J., Cock, J.H., and Chouinard, A., ed., Cassava Harvesting and Processing: Proceedings of a Workshop Held at CIAT, Cali, Colombia, 24–28 April 1978, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-114e, 21–25.
Thompson, W.R., et Simmonds, F.J. 1965. A catalogue of the parasites and predators of insect pests. IV: Host predator catalogue. London, England, Commonwealth Agricultural Bureaux. 196 p.

Thurston, H.D. 1971. Relationship of general resistance: late blight of potato. Phytopathology, 61, 620–626.

Timonin, M.I. 1941. The interactions of higher plants and microorganisms. IV: Effects of by-products of plant growth on activity of fungi and actinomyces. Soil Sci., 52, 395–413.

Townsend, B.B. 1954. Morphology and development of fungal rhizomorphs. Trans. Br. Mycol. Soc., 37, 222–223.

Trenbath, B.R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities. *In* Papendick, R.I., Sanchez, P.A., and Triplett, G.B., ed., Multiple Cropping, Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy, ASA Special Publication 27, 129–169.

Truelove, B. 1977. Research methods in weed science, 2 edition. Auburn, USA, Southern Weed Sci. Soc. 221 p.

Trujillo, E.E. 1967. Diseases of the genus *Colocasia* in the Pacific area and their control. Paper presented at the 1st Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, University of the West Indies, St-Augustine, Trinidad, 2(4), 13–18.

Umanah, E.E. 1973. Effects of different rates of N.P.K. fertilizers on yield and storage properties of white yam (*D. rutundata* Poir). Paper presented at the 3rd Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 2–9 December 1973.

1970. Identification and cultivation of currently recommended improved cassava varieties. Lagos, Nigeria, Federal Department of Agricultural Research, Memorandum 93.

Umoh, I.B., et Bassir, O. 1977. Nutrient changes in some traditional Nigerian foods during cooking. I: Vitamin changes. Fd. Chem., 2, 155–160.

UN (United Nations). 1971–76. Yearbook of international trade statistics, New York, USA, Unesco.

USDA (United States Department of Agriculture). 1971–76. Indices of Agricultural production in Africa and the Near East. Washington, D.C., USA, USDA, Economics, Statistics, and Cooperative Service.

Van der Plank, J.E. 1976. Principles of plant infection. New York, USA, Academic Press. 216 p.

1963. Plant diseases: epidemics and control. New York, USA, Academic Press, 349 p.

Vandevenne, R. 1973. Mécanisation de la culture de l'igname en Côte-d'Ivoire. Exposé présenté au 3e symposium de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales, IITA, Ibadan (Nigéria) 2–9 décembre 1973.

Van Eijnatten, C.M.L. 1964. The acceptability of flour, and floury flint (Dent) maize grains in Nigeria. Lagos, Nigeria, Federal Department of Agricultural Research, Memorandum 57.

Van Overeem, C. 1952. Cercosporaceae. Incomes Fungorum Malayensium, 10, 1–4. (Abrégé en anglais)

Viegas, A.P. 1941. Manchas das folhons da mandioca produzidas por cercosporas. Bragantia, 1, 233–243. (Abrégé en anglais)

Viennot-Bourgin, G., et Grimaldi, J. 1950. Le *Cercospora*, parasites de familles de manioc. Rev. Bot. Appl. Agric. Trop., 30, 138–146. (Abrégé en anglais)

Vine, H. 1953. Experiments on the maintenance of soil fertility at Ibadan, Nigeria, 1922–1951. Emp. J. Expl. Agric., 21, 65–85.

Vine, P.N. 1980. Growth and development of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in relation to soil physical conditions. St-Augustine, Trinidad, University of the West Indies, Department of Soil Science. (Thèse de doctorat)

Vogel, A.I. 1978. Vogel's practical organic chemistry; including qualitative organic analysis, 4 edition. New York, USA, Longmans.

Volin, R.B., et Zettler, F.W. 1975. Seed propagation of *Xanthosoma caracu* (cocoyam) as a potential means of pathogen elimination and genetic improvement. Homestead AREC Research Report SB 75-1.

Waitt, A.W. 1965. A key to some Nigerian varieties of yam (*Dioscorea* spp.). Lagos, Nigeria, Federal Department of Agricultural Research, Memorandum 60.

1963. Yam: *Dioscorea* species. Field Crop Abstr., 16, 145–157.

1961. Annual report of Agricultural Research in Nigeria, 1959–60. Lagos, Nigeria, Federal Government Printer.

Annual report of Agricultural Research in Nigeria, 1958–59. Lagos, Nigeria, Federal Department of Agricultural Research.

1958. Annual report (1956–57). Lagos, Nigeria, Federal Department of Agricultural Research.

Wallace, G.B. 1935. *Armillaria* root rot in East Africa. East Afr. Agric. J., 1, 182.

Wallin, J.R., et Loonan, D.V. 1970. Effect of leaf wetness duration and air temperature on *Cercospora beticola* infection of sugarbeet. Phytopathology, 61, 546–549.

Ware, G.C., et Painter, H.A. 1955. Bacterial utilization of cyanide. Nature, 175, 900.

Waring, P.F. 1970. Growth and coordination in trees. *In* Luckwill, L.C. and Cutting, C.W., ed., Physiology of Tree Crops, London, England, Academic Press.

Waterwork, H.E., Monroe, R.L., et Kahn. 1973. Improved purification procedure for peanut stunt virus, incitant of Tephrosia yellow vein disease. Phytopathology, 63, 93–98.

Watkins, G.M. 1958. Germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* after storage at various relative humidity levels. Phytopathology, 40, 31.

Watters, R.F. 1971. Shifting cultivation in Latin America. Rome, Italy, FAO, Forestry Development Paper 17, 305 p.

Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M., ed. 1978. Intercropping with cassava: proceedings of an international workshop held at Trivandrum, India, 27 Nov.–1 Dec. 1978, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC–142e. 143 p.

Weber, G.F. 1931. Blight of carrots caused by *Sclerotium rolfsii* with geographical distribution and host-range of the fungus. Phytopathology, 21, 1129–1140.

Weindling, R., et Miller, P.L. 1941. The relation of *Bacterium malvacearum* to anthracnose boll rot of cotton. Phytopathology, 41, 24.

Wells, J.C., et Cooper, W.E. 1952. Southern stem rot of peanuts. Raleigh, North Carolina, USA, North Carolina State University, Plant Pathology Information Note. 26 p.

Wholey, D.W., et Cock, J.H. 1974. Onset and rate of root bulking in cassava. Expl. Agric., 10, 193–198.

1975. Rooted shoots for physiological experiments with cassava. Trop. Agric. Trinidad, 52(2), 187–189.

Wiese, A.F., Collier, J.W., Clark, L.E., et Havellca, U.D. 1964. Effect of weeds and cultural practices on sorghum yields. Weeds, 12, 209–211.

Williams, C.N. 1974. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*). IV: Development and yield of tubers. Expl. Agric., 10, 9–16.

Williams, L.B., 1980. Benchmark surveys of three crops in Nigeria: wheat, millet, sorghum. *In* Knipscheer, H.C., Menz, K.M., and Kdahr, F.H., Ibadan, Nigeria, IITA/NAFPP.

Williams, R.J., Agboola, S.D., et Schneider, R.W. 1973. Bacterial wilt of cassava in Nigeria. Plant Diseases Reporter, 57, 824–827.

Wilson, G.F. 1976. Plantains in the farming systems of humid tropics. Fruits, 31(9), 517–519.

Wilson, G.F., et Adeniran, M.O. 1974. Some observations on land productivity under cowpea in pure stands and in mixed cropping with cassava. J. Assoc. Adv. Agric. Sci. Afr., 44–47.

Wilson, G.F., et Agboola, A.A. 1979. Cassava maize based cropping systems in the humid regions of West Africa. Paper presented at the Conference on Soil and Climatic Resources and Constraints in relation to Crop Production in West Africa, IITA, Ibadan, Nigeria, 15–19 October 1979.

Wilson, J.L. 1978. Yams: Buea, Cameroon, Stockholm, Sweden, International Foundation for Science, IFS Provisional Report 3, 35–41.

Wilson, L.A. 1974. Improvement and development of tropical root crops. *In* MacIntyre, R., ed., Interaction of Agriculture with Food Science. Proceedings of an Interdisciplinary Symposium, Singapore, 22–24 February 1974, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-033e. 65–99.

Wilson, W. 1966. High net assimilation rates of sunflower plants in an arid climate. Ann. Bot., 35, 745–751.

Winter, A.G. 1961. *In* Trenbath, B.R., 1974, Biomass Productivity of Mixtures, Adv. Agron., 26, 177–210.

Wood, T. 1966. The isolation, properties and enzymic break down of linamarin from cassava. J. Sci. Fd. Agric., 17, 85–90.

1965. The cyanogenic glucoside content of cassava and cassava products. J. Sci. Fd. Agric., 16, 300–350.

Wright, J. 1940. Root rot of cocoyam. Accra, Ghana, Gold Coast Department of Agriculture, Year book. 9 p.

1930a. Root rot of cocoyams. Accra, Ghana, Gold Coast Department of Agriculture, Bulletin 23, 184–197.

1930b. Cocoyam varieties in the Gold Coast. Accra, Ghana, Gold Coast Department of Agriculture, Bulletin 23, 198–201.

Yen, D.E., et Wheeler, J.M. 1968. The indications of the chromosome numbers. Ethnology, 7, 259–267.

Young, A. 1976. Soil fertility, soil survey and land evaluation. Tropical Soils and Soil Survey, Camb., 291.

***Rédactrice** : Marie-Paul Tremblay*